



**SKOGSMÄSTARPROGRAMMET**  
Examensarbete 2017:21

## **Studie av rottickans S-form i ett röjningsbestånd av gran**

*A study of *Heterobasidion parviporum* in a  
Norway spruce stand at the stage of pre-  
commercial thinning*



**Andreas Östlund**

## Studie av rottickans S-form i ett röjningsbestånd av gran

A study of *Heterobasidion parviporum* in a Norway spruce stand at the stage of pre-commercial thinning

*Andreas Östlund*

**Handledare:** Daniel Gräns, SLU Skogsmästarskolan

**Examinator:** Eric Sundstedt, SLU Skogsmästarskolan

**Omfattning:** 15 hp

**Nivå och fördjupning:** Självständigt arbete (examensarbete) med nivå och fördjupning G2E med möjlighet att erhålla kandidat- och yrkesexamen

**Kurstitel:** Kandidatarbete i Skogshushållning

**Kurskod:** EX0624

**Program/utbildning:** Skogsmästarprogrammet

**Utgivningsort:** Skinnskatteberg

**Utgivningsår:** 2017

**Elektronisk publicering:** <https://stud.epsilon.slu.se>

**Serienamn:** Examensarbete/SLU, Skogsmästarprogrammet

**Serienummer:** 2017:21

**Nyckelord:** Rotstop®, kärnvedsandel, stubbdiameter



Sveriges lantbruksuniversitet  
Skogsvetenskapliga fakulteten  
Skogsmästarskolan

## FÖRORD

Efter månader där vardagen fylldes av litteraturfördjupning, metodutarbetning, provytestläggning samt bearbetning och analys av insamlat datamaterial är tiden kommen för att avsluta detta kandidatarbete i skogshushållning. I och med detta avslutar jag mina studier på Skogsmästarprogrammet i Skinnskatteberg. Detta har onekligen varit en lärorik och intressant tid och den kunskap jag förvärvat kommer jag ha stor nytta av i mitt framtida yrke.

Under kandidatarbetet var vägen inte alltid rak och problemfri. Längs vägen påträffades flertalet vägskalet där svåra och omfattande beslut skulle fattas. Jag har dock alltid haft hjälpsamma och kompetenta personer i min omgivning som gett mig goda råd längs vägen. Jag skulle vilja börja med att tacka min handledare Daniel Gräns som har bidragit med goda förbättringsförslag till detta kandidatarbete och varit en hjälpsam mentor. Jag skulle också vilja rikta ett stort tack till Jan Stenlid och Karl Lundén på Biocentrum i Uppsala för hjälp med metodutveckling, analys och bearbetning av insamlat datamaterial samt prepareringen av sporvätska till fältstudien. Avslutningsvis vill jag även tacka hela min familj och Oskar Åstrand för all hjälp vid utläggningen av provytan i fält och den efterföljande datainsamlingen samt min fru Hanna för all form av stöttning längs vägen.

Gävle, december, 2017

Andreas Östlund



# INNEHÅLLSFÖRTECKNING

Förord.....	iii
Innehållsförteckning .....	v
<b>1. Abstract .....</b>	<b>1</b>
<b>2. Inledning.....</b>	<b>3</b>
Bakgrund.....	3
Barrträdets uppbyggnad och struktur .....	3
Svamparter .....	5
Patogena svampar .....	5
Skadesvamparnas angrepp .....	5
Trädens försvar mot svampangrepp.....	6
Vad är och vad gör röta? .....	6
Viktigaste rötsvamparna i Sverige .....	6
Rotticka .....	7
Förekomst i Sverige .....	8
Sporspridning.....	8
Vegetativ spridning.....	9
Påverkande faktorer för rottickans spridning och förekomst.....	10
Höjd över havet och topografi.....	10
Jordart och jordmån .....	11
Klimat.....	11
Mänsklig påverkan .....	11
Åtgärder för att motverka rottickans spridning .....	12
Beståndsanläggning.....	12
Plantmaterial .....	12
Markberedning .....	12
Stubbehandling.....	12
Röjning.....	14
Gallring .....	15
Slutavverkning .....	15
Trakthyggesbruket dominerande.....	15
Alternativa skogsskötselsystem .....	16
Blådningsbruk.....	16
Blådningsbar areal i Sverige .....	17

Ökad risk för rötangrepp i kontinuitetsskogsbruk .....	17
Metoder för rötlokalisering i träd.....	18
Syfte och frågeställningar.....	18
<b>3. Material och metoder .....</b>	<b>19</b>
Experimentets design .....	19
Provtagning .....	20
<b>4. Resultat .....</b>	<b>21</b>
<b>5. Diskussion.....</b>	<b>29</b>
Studiens förväntade utfall.....	29
Studiens utfall.....	30
Påverkande faktorer.....	31
Förändringar vid upprepning av studien.....	31
Tidigare forskning .....	31
Metoder för påföring av preparat i röjningsskedet – En uppmaning inför en framtida studie.....	32
Avslutande slutsatser.....	32
<b>6. Sammanfattning.....</b>	<b>35</b>
<b>7. Källhänvisningar .....</b>	<b>37</b>
<b>8. Bilagor .....</b>	<b>45</b>

# 1. ABSTRACT

The aim of this study was to examine if heartwood properties and stump diameter affected the establishment of *Heterobasidion parviporum* in a Norway spruce stand at the stage of pre-commercial thinning. In addition, the effects of Rotstop® application on the stumps were investigated. A field experiment was created by cutting 90 stumps with a diameter ranging between 2.0 and 13.9 centimeters, and the material was then divided into three diameter classes. Half of the stumps in each diameter class were treated with Rotstop® and the remaining stumps were untreated. The following day a solution containing spores from *Heterobasidion parviporum* was applied. After seven weeks, discs were cut from all the stumps and stored in separate plastic bags. After one week of storage, the discs were examined for establishment of conidiophores, fruiting, from the *Heterobasidion parviporum*. There was no correlation between heartwood content and size or number of infections, while the diameter of the stump was somewhat correlated with the occurrence and extent of infections. The stumps treated with Rotstop® had significantly fewer infections than the untreated stumps. Rotstop® performed best in the mid and the large diameter classes where only 20 percent and 10 percent respectively were infected while 80 percent of the untreated stumps in both classes were infected. The results indicate that an increased stump diameter may increase the risk for an infection but not necessarily the number of infections per stump. The conclusion is that delayed or late pre-commercial thinning in spruce should be avoided during the vegetation period or performed in combination with stump treatment to reduce the risk of infection.

Keywords: *Heterobasidion parviporum*, RB175, conidiophores, pre-commercial thinning, Rotstop®, heartwood, stump diameter





## 2. INLEDNING

Inledningsvis i detta kapitel kommer författaren att redogöra för vilka ekonomiska konsekvenser, både i form av direkta och indirekta värdeförluster, som rotrötan årligen orsakar det svenska skogsbruket. Därefter följer en kort beskrivning av barrträdets uppbyggnad och struktur. Syftet med detta är att ge en grundläggande redogörelse för olika vedtyper samt vilka funktioner de har i trädet. Läsaren kommer därefter få en grundlig introduktion av de svamptyper som är vedföredragande och därmed kan vara skadliga för träd. Dels kommer en redogörelse för hur dessa svampar angriper och försvagar sin värd men samtidigt också vilka skyddsmekanismer som träd har för att motverka ett rötangrepp. Därefter klargörs vad som definierar ett rötangrepp och vilka konsekvenser ett angrepp har på vedens struktur. Rottickan, som är den vanligaste rötsvampen i Sverige, har fått stort utrymme i detta inledande kapitel. Här beskrivs rottickans förekomst i Sverige, biologi och spridningssätt. Därefter kommer en redogörelse för de faktorer som påverkar rottickans spridning och förekomst samt de åtgärder som kan motverka rötangrepp. Avslutningsvis kommer en kort beskrivning av de metoder som finns för rötlokalisering i träd.

### Bakgrund

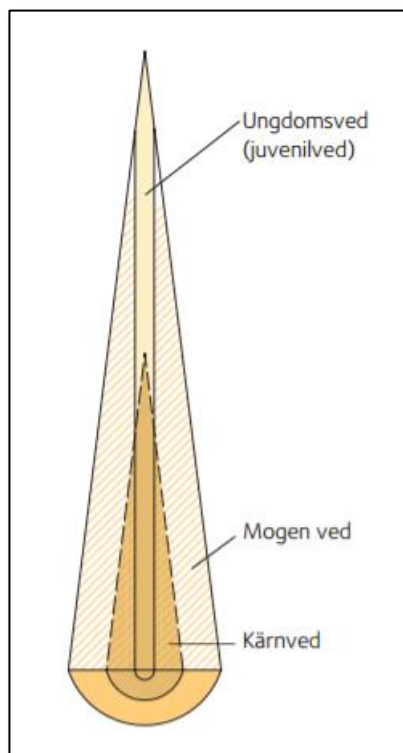
Benämningen rotröta är samlingsnamnet för att beskriva skador som orsakas av ett antal vednedbrytande svampar. Denna vednedbrytning uppskattas orsaka ekonomiska förluster på mellan 0,5-1 miljard kronor årligen för de svenska skogsägarna (Thor m.fl., 2004). Värdeförlusterna orsakade av rötangrepp kan indelas i direkta och indirekta faktorer. Direkta värdeförluster uppkommer genom kvalitetsnedsättningar på virket (Berglund, 2005). Virke som rötangripits riskerar att nerklassas från sågtimmer till antingen massaved eller brännved beroende på vedens nedbrytningsgrad. Detta medför ekonomiska förluster för skogssektorn genom minskad timmerproduktion (Wang, 2012; Garbelotto & Gonthier, 2013). Rotröta orsakar dessutom tillväxtförluster (Oliva m.fl., 2010a; Berglund, 2005; Wang, 2012) och ökad mortalitet för angripna träd. De indirekta värdeförlusterna uppkommer genom en ökad risk för stormfällning (Berglund, 2005) och snöbrott på grund av att de rötangripna träden försvagas (Witzell m.fl., 2009).

### Barrträdets uppbyggnad och struktur

Både tall och gran har liknande uppbyggnad. Genom hela trädstammen löper mörgen och denna omges av veden som utgör huvuddelen av trädets stam. I trädets tillväxtzon, kambiet, ombesörjs nybildning av både ved- och bastceller. Kambiet återfinns i den yttersta delen av veden under inner- och ytterbarken. Innerbarken (floemet) har som uppgift att transportera näring, kolhydrater, ner genom stammen. Denna näring fördelas sedan till de levande cellerna i trädets grenar, stam och rot. Ytterbarken har som uppgift att skydda trädet mot både uttorkning och olika parasiter (Bergkvist m.fl., 2013).

I trädets stam kan två vedtyper urskiljas. Dessa är kärnved och splintved. Kärnveden återfinns i stammens inre del och utgörs av döda vedceller. Dessa vedceller har täppts till av hartser vilket medför en reducerad vattenledningsförmåga (Bergkvist m.fl., 2013). Fuktkvoten, kvoten mellan vattnets vikt i förhållande till vedens absoluta torrsvikt (Nylinder & Fryk, 2013), i kärnveden varierar mellan 30 och 50 procent. De unga träden har ingen kärnved utan denna bildas succesivt i och med en ökande ålder. Splintveden är den yttre delen av veden som trädet fortfarande nyttjar för vattentransport från rötterna till kronan. Fuktkvoten i splintveden är betydligt högre än i kärnveden och varierar mellan 120 och 160 procent. Till skillnad från tallens kärnved som har en mörkare färg än splintveden har både kärnan och splinten samma färg hos gran (Bergkvist m.fl., 2013; Sandberg, 2009; Nylinder & Fryk, 2013; Lunds universitet, 2009: Länk A). Enligt Nylinder & Fryk (2013) är den genomsnittliga kärnvedsandelens högre hos gran än hos tall.

Ungdomsved eller juvenilverd benämns den ved som utgör de första 15 – 20 årsringarna från mörgen räknat (Figur 1). Denna ved kännetecknas av att den har en uppbyggnad och struktur som är olik den mogenved som bildas utanför. Ungdomsveden har kortare fibrer och tunnare cellväggar än mogenveden och således sämre hållfasthetsegenskaper än den övriga veden (Nylinder & Fryk, 2013).



**Figur 1.** Illustrerar de olika vedtyper som kan återfinnas i ett barrträd. Illustrationen är hämtad från publikationen "Att välja trä" utgiven av föreningen Svenskt trä (Bergkvist m.fl., 2013).

I en studie utförd av Sellin (1994) jämfördes proportionen mellan splintveden och kärnveden hos gran i olika diametrar, tillväxthastigheter och åldrar. Underlaget i denna studie innefattade 125 granar som antingen var undertryckta eller härskande. Enligt studien ökade kärnvedsandelens vid stambasen med en ökad stamdiameter. I unga härskande träd utgjordes stammen helt av splintved tills trädet uppnådde en diameter mellan 7 och 8 centimeter och en ålder på 20 år då kärnvedsbildningen påbörjades. De unga undertryckta träden bildade kärnved redan vid en diameter på mellan 1 och 2 centimeter och en ålder på 4 år. Vid en trädålder på 60 år för de dominerande träden och 50 för de undertryckta träden förblev splintvedsbredden mer konstant medan kärnveden ökade i andel. I medeltal låg splintvedsbredden på 7,8 centimeter för de dominerande träden och på 2 centimeter för de undertryckta. Kärnvedsandelens var således

väsentligt högre i undertryckta träd än i dominerande träd i samma ålder. Splintvedsandelens hos gran är starkt korrelerad med trädets diameter men inte

med ålder. Den skogliga skötseln har en stor inverkan på trädets diameterutveckling och således kärnvedsandel.

## **Svamparter**

Mänskligheten känner idag till 75,000 olika svamparter och en del av dessa kan återfinnas i ved, då svampen nyttjar veden som näringskälla. En del av dessa svampar är beroende av död ved och de kallas saprotrofer. Det finns även svampar som utnyttjar levande ved utan att direkt skada trädet. Dessa kallas endofyter. Växter och svampar kan också leva i symbios med varandra där tjänster utbyts mot näring. Den grupp svampar som kan vara direkt skadliga för växterna kallas patogena (Rönnberg, 2011).

## **Patogena svampar**

De patogena svamparna delas in i tre kategorier beroende på egenskaper. Antingen är de biotrofer, nekrotrofer eller så är de enbart saprotrofer, enbart levande på död ved. Biotrofa svampar lever i vävnaden på dess värd och är beroende av levande celler. Nekrotrofa svampar måste först döda sin värd för att kunna tillgodogöra sig dess näring (Nilsson m.fl., 2014) och till denna kategori hör rötsvamparna (Stenlid, 2009).

För att en patogen organism ska kunna påbörja ett angrepp behövs en mottaglig värd. De flesta skadegörare är specialiserade på att enbart angripa vissa trädarter och är således ofarliga för de övriga. Dock finns det patogener som är mer generella och har en förmåga att angripa en större mängd arter. Den mörkfjälliga honungsskivlingen (*Armillaria ostoyae*) är ett exempel på en svamp som både angriper barr- och lövträd (Stenlid, 2009).

## **Skadesvamparnas angrepp**

Skadesvamparna har olika strategier för att försvaga och döda sin värd. Dels kan detta ske genom gifter eller enzym som bryter ner och dödar cellväggarna men också genom att kringgå eller oskadliggöra trädets försvarsreaktion. Vissa skadegörare gynnas av att trädens motståndskraft och försvar är nedsatt. I de flesta fall gynnas nekrotrofer som kräft- och rötsvampar, av en sådan här situation och kan lättare etablera sig och påbörja ett rötangrepp (Stenlid, 2009).

Det är inte helt ovanligt att det förekommer flera typer av rötsvampar samtidigt i ett rötangripet träd. Ofta startas angreppet av en primär svamp som kräver färsk och frisk ved. Dessa primära skadegörare är ofta konkurrenssvaga och gynnas av att trädet har nedsatt vitalitet och ökad sårbarhet. När veden blivit angripen kan en sekundär skadegörare etablera sig. Denna skadegörare behöver inte alltid vara en svamp utan den sekundära successionen kan utgöras av allt från mikroorganismer såsom bakterier och virus till insekter (Rönnberg, 2011). I södra Sverige har studier utförts i syfte att ta reda på om barkborreangrepp på gran kan leda till gynnsammare förutsättningar för en etablering av rötsvampar. Resultaten tyder på att det finns en koppling mellan barkborreangrepp och etablering av rötsvampar (Persson m.fl., 2011).

De primära skadegörarna är nödvändiga för att bereda död ved åt saprotrofiska svampar men rötsvamparna orsakar samtidigt stor ekonomisk skada i skogsbruket (Rönnberg, 2011).

## **Trädens försvar mot svampangrepp**

För att förhindra eller motverka svampangrepp har värdträden utvecklat egenskaper som gör dem mer motståndskraftiga. Trädens bark fyller en viktig funktion och fungerar som ett skydd mot rötangrepp. Äldre bark innehåller material som är svårnedbrutet och innebär svårigheter för skadegörarna att forcera. Detta medför att skadegörarna istället ofta angriper unga årsskott och grenar som utgörs av ung vävnad som saknar ett starkt försvar. Ett viktigt spridningssätt för röta är att embarkera träd via skador som uppkommit på barken (Stenlid, 2009) eller på trädets rötter (Berglund m.fl., 2011). Detta förenklar ett rötangrepp eftersom den svår genomträngliga barken då inte längre utgör ett hinder som behöver forceras (Rönnberg, 2011).

Det finns dock ett fåtal svamparter som har förmågan att angripa och forcera intakt bark om det finns tillgång till en tillräckligt stor näringsbas för rötsvampen. Vid rötangrepp orsakade av rottickan utnyttjas de redan infekterade rötterna som näringsbas för att sprida smittan till friska träd via rotkontakt. Träden har även andra försvarsegenskaper för att motverka eller förhindra angrepp från skadegörarna. Trädens splintved innehåller giftiga substanser och har ett lågt syreinhåll för att missgynna en svampetablering. Vid en skada eller svampangrepp producerar träden försvarssubstanser och bildar ny vävnad som avskärmar de områden som skadats (Stenlid, 2009). Extraktivämen och hartser inlagras i veden och resulterar i en höjning av vedens densitet (Rönnberg, 2011). Genom denna reaktion kan de flesta skadegörarna stoppas men inte samtliga. Stressande miljöbetingelser kan medföra en nedsatt försvarsförmåga och ökad risk för angrepp (Stenlid, 2009). Rötangrepp i ett begynnande skede kan förväxlas med tjurved (Rönnberg, 2011).

## **Vad är och vad gör röta?**

Rötan orsakas av patogena svampar som angriper levande träd och bryter ner den cellulosa (Highley & Illman, 1991), hemicellulosa (Bergkvist, m.fl., 2013) och lignin (Kirk, 1983) som finns i veden och därigenom tillgodogör sig näring. Vid rötskador uppkommer först en synbar missfärgning av den angripna veden och när angreppet pågått under en tid börjar cellulosan eller ligninet brytas ner och en strukturförändring sker (Rönnberg, 2011; Berglund m.fl., 2013). När nedbrytningen har fortgått tillräckligt länge blir veden lösare och det uppstår ett hål eftersom nästan all cellulosa och lignin förbrukats (Dudzik & Shortle, 2012). Olika rötsvampar och nedbrytningsstadier indelas i flertalet benämningar beroende på rådande nedbrytningsgrad. Dessa är vitröta, brunröta, blånad, faströta, lösröta, mögelröta och hålröta (Rönnberg, 2011).

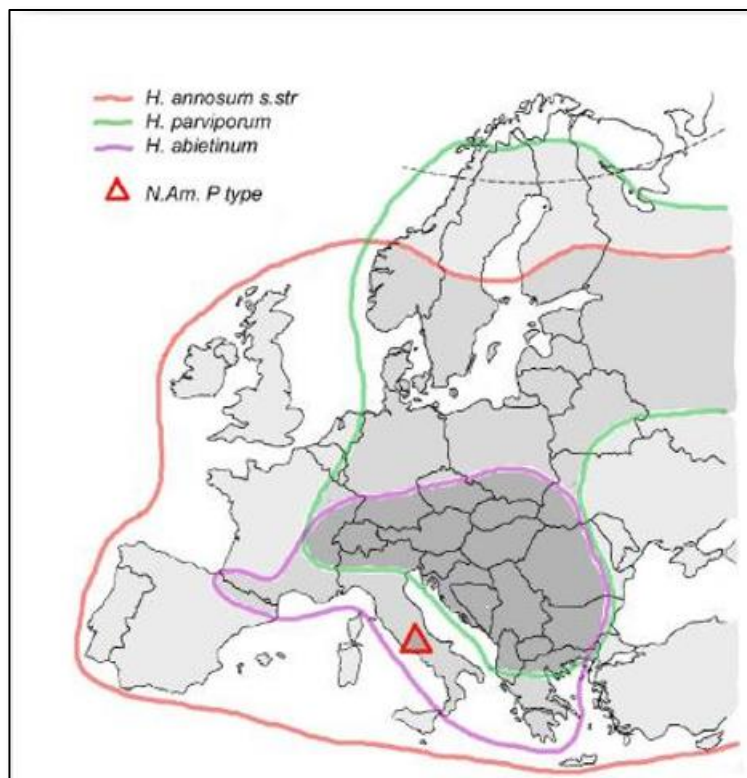
## **Viktigaste rötsvamparna i Sverige**

Av de 75 000 svamparter som är kända i världen (Rönnberg, 2011) finns ungefär 10 000 av dem i Sverige och det är enbart ett fåtal av dessa som är patogener på

våra inhemska trädslag (Stenlid, 2009). Av de svampar som orsakar röta i träd är det också ett fåtal som ger upphov till rotröta. Rotticka (*Heterobasidion* spp.), honungsskivling (*Armillaria* spp.) samt blödsinn (*Stereum sanguinolentum*) är de viktigaste rötsvamparna i Sverige sett ur skogsbrukets perspektiv. Av dessa tre är rottickan den vanligaste och allvarligaste skadegöraren (Thor m.fl., 2004).

## Rotticka

I Europa har tre arter av rotticka identifierats och dessa har delats in i undergrupper beroende på huvudsaklig värd. Rottickans S-form (*Heterobasidion parviporum*) angriper gran, dess P-form (*Heterobasidion annosum*) prefererar tall och i viss omfattning även gran, lärk och lövträd medan dess F-form (*Heterobasidion abietinum*) enbart angriper ädelgranar (Hartmann, 2010; Asiegbu m.fl., 2005; Dalman m.fl., 2010). I Sverige återfinns enbart rottickans S- och P-form (Witzell m.fl., 2009; Berglund, 2005). Rottickans utbredning i Europa illustreras nedan (Figur 2).



**Figur 2.** Rottickans naturliga utbredning i Europa. Rottickans S-form återfinns i stort sett i hela Sverige medan rottickans P-form enbart återfinns upp till Mälardalen. Karta: Kari Korhonen (Witzell m.fl., 2009).

Rottickans fruktkroppar är normalt relativt små till storleken, oftast några kvadratcentimeter men har förmågan att växa till flera kvadratdecimeter i storlek. Trots att fruktkroppen byggs på med nya aktiva sporklager är den flerårig. Den till början tunna fruktkroppen återfinns på eller under rötterna på både stubbar, stående levande träd samt döda liggande stammar. Dock är den vanligast att återfinna på stubbarnas rötter. Rottickans sporspridande lager är

gräddvita men övergår till brunt då lagren åldras och växer. Ovansidan är ljusbrun i ytterkant och övergår till en mörkbrun färg mot tickans centrum (Berglund m.fl., 2011).

### **Förekomst i Sverige**

Rottickan förekommer i stort sett i hela landet förutom i fjälltrakterna och de allra nordligaste delarna av Norrland. I Norrlands inland i områden där berggrunden är kalkrik, främst i Jämtland, är angrepp av rottickan vanligt förekommande (Thor m.fl., 2004). Rottickan angriper gran i hela landet medan tall angrips i de mellersta och södra delarna av Sverige (SLU, 2017, Länk B) varav det nordligaste fyndet är från Gävletrakten (Witzell m.fl., 2009). Främst angrips rötter på barrträd men även i viss utsträckning rötter tillhörande lövträd och buskar. Rottickan ger upphov till två olika sjukdomsförlopp. Medelålders och äldre granar drabbas av ett mer långvarigt sjukdomsförlopp som är känt som rotröta. Rottickan kan även ge upphov till ett mer akut sjukdomsförlopp som innebär att träden dör inom ett par år. Detta drabbar främst tall men även gran från tidigt plantstadium upp till bestånd i medelåldern (SLU, 2017, Länk B). Rottickans angrepp på granen står för 75 procent av alla rötangrepp som sker i landet. Under 2004 genomfördes studier av Skogforsk (Thor m.fl., 2005) där material från Riksskogstaxeringen mellan åren 1983 till 2001 analyserades. Både träd och stubbar granskades och arbetet utmynnade i utvecklingen av en matematisk modell för att kunna beräkna sannolikheten för rötangrepp i det enskilda trädet. (Thor m.fl., 2005). Analysen indikerade att man kan förväntas finna rötangrepp i 14 procent av de granar som antingen avverkas i gallring eller i slutavverkning i Sverige (Thor m.fl., 2004; Hannertz m.fl., 2008; Oliva m.fl., 2015). I vissa delar av landet är rötfrekvensen betydligt högre. Det är inte ovanligt med rötangrepp på upp till 75 procent av granarna vid en slutavverkning, vilket kan motsvara omkring 20 procent av den totala virkesvolymen. I de fall tallen angrips av rottickan är det främst på väl-dränerade marker där pH-värdet är högt (Witzell m.fl., 2009).

### **Sporspridning**

Rottickan kan sprida och föröka sig endera vegetativt eller via luftburna sporer. De luftburna sporererna är antingen sexuella eller asexuella och kallas basidiesporer respektive konidiesporer. Basidiesporerna bildas genom meios i rottickans fruktkroppar. För att en framgångsrik infektion ska ske krävs det att två basidiesporer landar på en blottad yta, en färsk stubbyta, stam eller rotskada, och lyckas växa ihop (Berglund m.fl., 2011).

Rottickans fruktkroppar producerar sporer under den delen av året då temperaturen varaktigt överstiger 0°C. Detta innebär att sporspridningen under vintertid i allmänhet är låg medan det sker en högre produktion av sporer under sommartid (Gonthier m.fl., 2005). Nederbörd har en stark påverkan på sporförekomsten i luften under månader då sporproduktionen normalt är hög. Kraftiga och ihållande regn avlägsnar sporer från luften genom att de binds upp av regnets vattendroppar. Även en torr väderlek missgynnar sporspridningen. Den mest betydande parametern som reglerar sporspridningen i Sverige är

temperaturen. Trots minusgrader finns det risk att sporer infekterar stubbar men i betydligt mindre utsträckning än vid varmare temperaturer (Berglund m.fl., 2011).

Under perioder då temperaturen är låg eller skiftar hastigt uppstår en gråzon gällande sporproduktionens omfattning. Denna gråzon innebär att det finns en risk för sporspridning trots en låg temperatur på hösten innan sporerna har försvunnit från luften. Samtidigt kommer inte fruktkropparnas sporproduktion igång direkt på våren vilket medför att sporer inte sprids trots flera plusgrader. Denna förskjutning beror på att det finns en tröghet i systemet. Under milda vintrar kan sporer spridas, dock är sporproduktionen generellt sett lägre under vintern (Berglund m.fl., 2011).

Under ett dygn släpps tusentals sporer från varje kvadratcentimeter fruktkropp då förutsättningarna är lämpliga. Sporspridningen sker främst under dagtid men kan även ske nattetid om dagen varit varm och solig (Berglund m.fl., 2011). Studier antyder att 99 procent av alla sporer från fruktkropparna landar inom 100 meter från ursprungskällan (Witzell m.fl., 2009). Det finns dock sporer som har en förmåga att förflytta sig betydligt längre. Under gynnsamma betingelser kan sporer virvla upp med vinden och förflytta sig långa distanser. Sporer kan förflytta sig så långt som 50 mil (Kallio, 1970). I Finland har de funnit sporer som ursprungligen kom från Sverige. Detta tros vara ett sätt för svampen att sprida och utbyta gener och motverka inavel. Inavel kan göra den mindre livsduglig (Berglund m.fl., 2011).

### **Vegetativ spridning**

De sporer som rottickans fruktkroppar sprider angriper ved som är blottlagd och färsk. Blottad ved på både rötter och stam kan angripas men den viktigaste inkörsporten är färska stubbytor (Sun m.fl., 2009; Oliva m.fl., 2013; Berglund m.fl., 2011). Stubbytor är mottagliga för infektion två till fyra veckor efter en genomförd trädfällning (Berglund m.fl., 2011). När en lyckad etablering skett på stubbytan växer rottickans hyfer, svamptrådar, ner i stubben (Witzell m.fl., 2009). Flera infektioner orsakade av rottickan kan etablera sig parallellt i en stubbe. De mest omfattande infektionerna sker under det första året. Därefter slås närmare 90 procent av de ursprungliga infektionerna ut (Berglund m.fl., 2011). När rottickan väl har etablerat sig i en stubbe kan den överleva långa tidsperioder. Levande rotticka har hittats i 47 år gamla stubbar i Finland, vilket styrker att infekterade stubbar utgör en potentiell smitthärd under en lång tid (Piri, 2003). Rottickan kan under det första året växa sig ner 50 centimeter i granstubbar (Witzell m.fl., 2009).

När rottickan etablerat sig i stubben växer den över till friska närliggande trädrötter för att tillgodose näringsbehovet (Garbelotto & Gonthier, 2013; Berglund m.fl., 2011; Oliva m.fl., 2015; Sun m.fl., 2009). Svampen kan inte sprida sig fritt i marken utan är begränsad till ved. Via rotkontakt med intilliggande träd kan rottickan sprida sig över stora områden och övervinna effektivt de aktiva försvar som träden har mot svampangrepp (Witzell m.fl., 2009). Svampens

tillväxthastighet är lägre i rötterna på ett levande träd än i en död eller döende stubbe vilket torde bero på trädens försvarssystem (Bendz-Hellgren m.fl., 1999). I medeltal tillväxer rottickan mellan 20 till 30 centimeter per år i Skandinavien. Variationen är dock stor mellan olika individer av träd och svampar. Även ståndorten har stor betydelse för rötans tillväxthastighet (Berglund m.fl., 2011).

När svampen når stammen och börjar växa uppåt sjunker rötans tillväxthastighet. Rottickan kan växa högt upp i de angripna träden. I normala fall avstannar spridningen vid tre meters höjd men det finns enstaka röthöjder på gran som är uppmätta till 15 meter. Kopplingen mellan röttdiametern och röthöjden är teoretiskt förankrad; röthöjden är ungefär 20 gånger så stor som diametern på rötan vid stubbskåret. Trots denna klara korrelation finns tillfällen då rötans spridning avviker i höjdlid vilket försvårar en praktisk bedömning av svampens höjd i stammen (Witzell m.fl., 2009).

Den vegetativa spridningen kan begränsas i blandbestånd i de fall angreppet orsakas av rottickans S-form (Berglund m.fl., 2011). Klonbestånd som är mottagliga för infektion och som har en liten genetisk variation är känsliga för rötangrepp (Skröppa, m.fl., 2015).

## Påverkande faktorer för rottickans spridning och förekomst

### Höjd över havet och topografi

Som tabell 1 antyder har höjden över havet stor betydelse för rottickans förekomst. Detta torde bero på en kortare säsong för sporspridning och en lägre tillväxt. Förutsättningarna är inte lika gynnsamma på en högre altitud. Den lokala topografin har däremot stor betydelse för rottickans förekomst oavsett altitud. Generellt sett är risken för rötangrepp lägre i sänkor där markfuktigheten missgynnar etableringen av rötsvampar. Rötrisen ökar sedan succesivt desto högre upp i slutningen träden befinner sig (Berglund m.fl., 2011). Längst upp på krön är rötangreppsrisken stor (Stakenas & Zemaitis, 2016). Detta torde bero på större variation i markfuktighet och syresättning på krön jämfört med sänkor, vilket missgynnar trädens rötter och gynnar rottickan (Berglund m.fl., 2011).

**Tabell 1.** Variabler som påverkar rötangrepp (Thor m.fl., 2004).

<b>Beståndsålder</b>	Ökad ålder innebär ökad rötrisk
<b>Diameter</b>	Grövre diameter innebär en ökad rötrisk
<b>Ståndortsindex</b>	Ökat ståndortsindex innebär en ökad rötrisk
<b>Temperatursumma</b>	Vid en temperatursumma mellan 800 och 1100 dygnsgrader minskar rötrisken
<b>Höjd över havet</b>	Om höjden över havet understiger 100 meter ökar rötrisken
<b>Markfuktighet</b>	Ökad markfuktighet medför lägre rötrisk
<b>Jordartens textur</b>	Minskad rötrisk på sandig-moig morän och sand
<b>Granandel</b>	Högre granandel innebär ökad rötrisk



## **Jordart och jordmån**

Som tabell 1 antyder påverkar både jordarten och jordmånen rottickans spridningsförmåga. På bördiga marker är generellt rötrisken högre (Mattila & Nuutinen, 2007; Berglund m.fl., 2011). Detta kan bero på att trädens tillväxt är högre på bördiga marker vilket medför en mer frodvuxen och lucker ved som rötsvampen lättare kan etablera sig i (Berglund m.fl., 2011). Vedens densitet verkar således ha betydelse för rötangreppets omfattning (Stakenas & Zemaitis, 2016). Den högre tillväxten innebär också att rotsystemen tidigt kommer i kontakt med varandra vilket kan gynna en vegetativ spridning av rottickan (Berglund m.fl., 2011). En ökad beståndsålder innebär en ökad rötrisk vilket framgår av tabell 1.

På sandiga sedimentmarker brukar rottickan angripa tall. På moränmarker klarar sig i regel träden bättre mot rötangrepp. Dock verkar träd som växer på podsol vara utsatta för rötangrepp i högre utsträckning än de som växer på torv. Denna differens torde bero på skillnader i pH-värde och syresättning (Berglund m.fl., 2011). På gamla jordbruksmarker sprider sig rottickan snabbt om den lyckas etablera sig. Detta antas bero på att konkurrensen från andra arter är liten (Berglund m.fl., 2011). Marker med högt pH-värde (Oliva m.fl., 2013; Berglund m.fl., 2011) och hög kalkhalt gynnar rottickan (Berglund m.fl., 2011).

## **Klimat**

Rottickan trivs i ett klimat som är lagom varmt och fuktigt. Den svenska sommaren är under normal temperatur och nederbörd gynnsam för rottickan. I norra Sverige medför den kortare tillväxtsäsongen att rottickans spridningshastighet hämmas något. Framtida klimatförändringar kan förändra förutsättningarna för rottickans förekomst och sporspridning. Rottickans P-form som idag enbart återfinns i mellersta och södra Sverige kan kanske under gynnsammare förutsättningar sprida sig norrut (Berglund m.fl., 2011). Rottickans sporspridningssäsong kan förlängas i norra Sverige av det förändrade klimatet. I södra Sverige kan det innebära att sporspridning sker under hela året (Müller, 2014). Vid en temperatursumma mellan 800 och 1100 dygnsgrader minskar rötrisken vilket framgår av tabell 1 (Thor m.fl., 2004).

Ett troligt framtida klimatscenario i Sverige innebär att vintrarna blir mildare och fuktigare samtidigt som somrarna blir torrare (Berglund m.fl., 2011). Detta scenario skulle innebära en förlängd vegetationsperiod men samtidigt skulle risken för framtida stormskador, insektsskador samt rötsvampar öka (Subramanian m.fl., 2016). Framtida klimatförändringar kan även innebära att nya svampskadegörare introduceras i Sverige (Berglund m.fl., 2011).

## **Mänsklig påverkan**

En av de viktigaste faktorerna för rottickans spridning är den mänskliga påverkan (Berglund m.fl., 2011; Mattila & Nuutinen, 2007). De ökade kraven på leverans av färsk granmassaved till massavedsindustrin och det faktum att skogsarbete utförs året runt har bidragit till att öka rottickans möjlighet till spridning.

Körskador orsakade av gallringsmaskiner skapar potentiella inkörsportar för rottickan via skador på stammar och rötter (Berglund m.fl., 2011).

## **Åtgärder för att motverka rottickans spridning**

### **Beståndsanläggning**

Utvecklingen av rottickans angrepp påverkas av två huvudkomponenter, de givna ståndortsfaktorerna och den aktuella skogsskötseln. Ståndortsfaktorerna är svåra att påverka medan skötseln går att styra (Berglund m.fl., 2011). Under en omloppstid görs ett stort antal ingrepp i skogen och de flesta av dessa skötselåtgärder har en inverkan på den framtida rötutvecklingen i något avseende (Piri, 2003).

Tidiga ingrepp bör ske med stor försiktighet om beståndet inte redan är rötangripet eftersom rottickan sprider sig vegetativt mellan anliggande rötter. I de fall den föregående trädgenerationen redan är rötangripen är utgångsläget ett annat. Där finns en risk att träden är angripna av rottickan redan vid den första gallringen (Berglund m.fl., 2011) även om flera studier antyder att sambandet icke är signifikant (Rönnerberg & Jorgensen, 2000; Rönnerberg m.fl., 2007).

### **Plantmaterial**

Det råder en stor variation i rötresistens hos granar på individnivå och det finns individer som i stort sett är resistenta mot angrepp från rottickan (Swedjemark & Karlsson, 2004). Förädlingsarbetet för att få fram mer resistent plantmaterial pågår på Skogforsk men det kommer dröja mellan 10 till 25 år innan detta kan användas i praktiskt skogsbruk (Berglund m.fl., 2011).

### **Markberedning**

Forskningen som behandlar markberedningens påverkan på rottickans spridning är begränsad. Dessutom är informationen som finns inte heller entydig (Berglund m.fl., 2011). Vid markberedning av ett hygge med stor andel rötangripna slutavverkningsstubbar finns en risk att stubbarna körs sönder och rötad ved sprids ut. Detta skulle kunna medföra en ökad infektionsrisk för de nyplanterade plantorna i beståndet (Rönnerberg & Vollbrecht, 1999).

### **Stubbehandling**

Skogsindustrins ökade krav på en jämn råvaruförsörjning har medfört att antalet sommaravverkningar ökat under de senaste decennierna (Berglund m.fl., 2011; Mattila & Nuutinen, 2007). Detta har gynnat rottickan som fodrar en temperatur på över +5°C för att dess sporer ska kunna spridas och starta nya angrepp på stubbytor (Stenlid, 2009). Rottickans sporspridning sker bäst i temperaturer mellan +15°C till +28°C (Berglund m.fl., 2011) Optimal sporproduktion sker vid ungefär +20°C (Interago skog AB, 2017, Länk C). I genomsnitt infekteras mer än hälften av alla svenska granstubbar under varma somrardagar. Då temperaturen är 0°C blir nästan inga stubbar infekterade (Stenlid, 2009).

För att motverka kraftiga infektioner av rottickan kan det vara nödvändigt att behandla stubbarna under sporspridningstiden. De blottade stubbytorna behandlas med antingen biologiska eller kemiska preparat för att motverka rottickans etablering på stubbytan (Berglund m.fl., 2005; Oliva m.fl., 2010b; Sun m.fl., 2009). I Sverige sker stubbebehandlingen främst vid gallring och behandling vid röjningsingreppet är mer ovanligt eftersom infektionsrisken via röjstubbar anses vara mindre (Gunulf m.fl., 2012). Det applicerade preparatet har till uppgift att antingen konkurrera om näringen och utrymmet i stubben eller innehålla ämnen som förgiftar rottickans sporer. De mest effektiva stubbebehandlingspreparaten som används i svenskt skogsbruk idag är pergamentsvamp och urea (Berglund m.fl., 2011). Preparatet Rotstop® innehåller sporer från pergamentsvampen (*Phlebiopsis gigante*) och detta biologiska preparat används nästan uteslutande i Sverige idag (Witzell m.fl., 2009).

Preparatet är i flytande form och stubbarna kan behandlas både manuellt och maskinellt (Thor & Stenlid, 2005). Vid manuell behandling appliceras preparatet för hand av huggaren. Applicering vid maskinell behandling sker direkt av maskinen via spraymunstycke på skördarsvård eller skördaraggregat (Berglund, 2005; Berglund m.fl., 2011). Både Rotstop® och urea kan ge samma skydd mot rötangrepp som det som uppnås vid vinteravverkning (Thor m.fl., 2009). Dock har täckningsgraden på stubbytorna stor betydelse för preparatets skyddande förmåga (Berglund & Rönnberg, 2004; Rönnberg m.fl., 2006; Tubby m.fl., 2008), speciellt vid användning av Rotstop®. Större delen av stubbytan måste vara täckt för att Rotstop® ska ge tillräcklig effekt medan täckningsgraden vid användning av urea inte är lika viktig (Thor m.fl., 2009).

Att uppnå en täckningsgrad på 100 procent på alla avverkade stubbar är i praktiken svårt men om täckningen understiger 90 procent bör spridningsutrustningen ses över omgående (Thor m.fl., 2009). Dock bör tilläggas att inte ens en täckningsgrad på 100 procent garanterar ett fullständigt skydd från rottickans infektioner. I ett täckningsgradsförsök hade 30 procent av alla stubbar i studien infekterats av rottickan trots en täckningsgrad på 100 procent med Rotstop®. I samma försök var mellan 70 och 80 procent av de helt obehandlade stubbarna infekterade av rottickan. Detta indikerar en uppenbar behandlingseffekt (Berglund & Rönnberg, 2004) men också att det finns andra faktorer än täckningsgraden som påverkar preparatets effektivitet. Temperaturen verkar vara en betydande faktor för pergamentsvampens tillväxthastighet (Oliva m.fl., 2015). Pergamentsvampens optimala sporgroning sker vid +30°C. Överstigande temperatur gör svampen mindre livsduglig (Thor m.fl., 1997).

I en stubbebehandlingsstudie i gallringsbestånd utförd av Thor & Stenlid (2005) jämfördes stubbytor från sommar- och vinteravverkning som behandlats maskinellt eller manuellt med urea, pergamentsvamp, saltlösning (DOT) eller lämnats obehandlade. Jämfört med de obehandlade stubbarna som avverkades sommartid reducerade samtliga preparat samt vinteravverkning signifikant rötinfektionerna i stubbarna med 53 – 98 procent sex till sju veckor efter

avverkningen. Mekaniserad behandling minskade risken för sporinfektioner med 53 - 83 procent och manuell behandling minskade risken med 79 - 98 procent i jämförelse med de obehandlade stubbarna som avverkats sommartid. Resultatet från denna studie antydde att urea presterade bättre än pergamentsvamp ur ett rötskyddsperspektiv. Vinteravverkade bestånd hade lägst rötfrekvens.

## **Röjning**

Sedan trakthyggesbruket infördes i stor skala under 1950-talet i Sverige har röjningsingreppet fått en betydande roll i den skogliga skötseln. Dock sträcker sig röjningens historia betydligt längre bakåt i tiden än så. Vikten av att utföra tidiga gallringar i ungskog är omnämnd i litteraturen redan för över 150 år sedan (Fahlvik, 2005). Den ursprungliga definitionen av röjning lyder:

”Beståndsvårdande utglesning av plant- och ungskog utan att gagnvirket tas tillvara”. Eftersom skogsbränsle ibland skördas i sena röjningar har tillägget ”Röjningsavfallet kan dock under vissa omständigheter tas till vara som bränsle” lagts till i definitionen då ett sådant ingrepp hänförs till röjningsåtgärden (Pettersson m.fl., 2012). Vid röjningsingreppet är huvudsyftet att gynna träd som har önskvärda egenskaper och därtill ta bort träd av sämre kvalitet och som har dålig tillväxtpotential (Fahlvik, 2005). Röjningsingreppet syftar till att öka diametern på de kvarvarande träden och därtill ge dessa träd ökad vitalitet och motståndskraft. Bestånd blir genom röjningsingreppet mer stormsäkra och risken för snöbrott minskar. Genom röjningsingreppet finns möjligheten gynna det trädslag som lämpar sig bäst för marken (Pettersson m.fl., 2012).

Redan i röjningsskedet skapas stubbar som potentiellt kan innebära inkörsportar för rottickan. Röjning är en åtgärd som ofta utförs under perioden då sporer från rottickan aktivt sprids. De forskningsresultat som framkommit tyder på att röjningsingreppet enbart medför en liten infektionsrisk för beståndet om röjningen sker när träden är mellan 2,5 till 3,5 meter höga och har en diameter mellan tre och fyra centimeter i brösthöjd (Witzell m.fl., 2009). Detta torde bero på att rotkontakten med intilliggande träd inte har hunnit bildats i detta stadium samt att röjstubbar har en högre nedbrytningshastighet jämfört med en större stubbe. Rottickan hinner inte komma ner till rötterna innan röjstubben ruttnar bort (Berglund m.fl., 2011). Den lägre infektionsrisken anses också bero på att röjstubbarna har en mindre kärnvedsandel (Gunulf m.fl., 2012) vilket är en föredragen etableringspunkt för både rottickans S- och P-form på gran (Oliva m.fl., 2013). Splintveden har dessutom ett ogynnsamt fuktinnehåll vilket motverkar infektioner från rottickan. Risken att sporer från rottickan landar på stubbytor minskar med stubbens diameter (Gunulf, m.fl., 2012). Enligt Bendz-Hellgren & Stenlid (1998) innebär en ökad stubbstorlek en högre infektionsrisk vilket även framgår i tabell 1.

I bestånd där röjningen är eftersatt liksom vid underröjningar innebär de betydligt större stammarna en ökad infektionsrisk. Röjningsåtgärder i sådana bestånd bör antingen utföras under vintertid eller kombineras med stubbehandling direkt efter röjningstillfället (Berglund m.fl., 2011).

## Gallring

Ett bestånd befinner sig i gallringsfasen under en lång tid och under denna fas sker ofta ett flertal gallringsingrepp. Antalet ingrepp beror på beståndets bonitet. I de norra delarna av Sverige på sämre boniteter sker inte ingreppen lika frekvent som på de bättre boniteterna i södra Sverige där bestånd ofta gallras mellan tre och fyra gånger under en omloppstid. De flesta skogliga ingrepp gjordes förr i tiden under vintern på tjälad mark men industrins ökade råvarubehov under hela året har inneburit att sommargallringar blivit allt vanligare (Berglund m.fl., 2011). Dessa gallringar innebär en inkörsport för rottickan via stubbar men också via skador på stammar och rötter. Risken för körsador på rötterna ökar under barmarksperioden (Rönnberg, 2000) och förutom den ökade rötrisen kan skadorna medföra tillväxtförluster (Vasiliauskas, 2001).

Gallringar som är kraftiga kan ge mer röta än svaga då större andel stubbar riskerar att infekteras av rottickan. Dessutom ökar infektionsrisken ju fler gallringsingrepp som genomförs (Witzell m.fl., 2009). Tidiga gallringar kan medföra en ökad rötfrekvens om rottickan tidigt kan etablera sig. För att skydda sig mot rottickans sporer bör gallring antingen utföras vintertid eller så bör stubbarna behandlas under vegetationsperioden då sporspridning sker (Berglund m.fl., 2011; Oliva m.fl., 2010b).

## Slutavverkning

I slutavverkningsskedet är det för sent att påverka rötfrekvensen så istället bör åtgärder vidtagas för att minska rötans spridning till nästa trädgeneration (Witzell m.fl., 2009). Är bestånden kraftigt rötangripna kan en stubbrytning utföras för att sanera marken från röta. Flertalet studier antyder att stubbrytning kan reducera rötfrekvensen i efterkommande trädgeneration (Vasaitis m.fl., 2008; Cleary m.fl., 2013; Stenlid, 1987). För att framgångsrikt sanera bestånd från röta bör allt rötat material avlägsnas från marken (Vasaitis m.fl., 2008). Ur rotrötesynpunkt kan ett trädslagsbyte vara aktuellt då det finns trädslag som är näst intill resistent mot rottickans angrepp. Silvergranen (*Abies alba*) och Nordmannsgran (*Abies nordmanniana*) är i princip resistent mot de arter av rottickan som förekommer i Sverige, rottickans S- och P-form (Rönnberg m.fl., 1999).

Liksom vid röjnings- och gallringsfasen bör slutavverkningsbestånd avverkas vintertid eller stubbehandlas sommartid, i synnerhet om de fortfarande är friska. I kraftigt rötade bestånd kan slutavverkningen behöva tidigareläggas för att rädda virkesvärdet (Berglund m.fl., 2011).

## Trakthyggesbruket dominerande

Trakthyggesbruk är det skogsskötselsystem som dominerar svenskt skogsbruk idag (Axelsson & Angelstam, 2011; Lundqvist m.fl., 2014). Trakthyggesbruket innebär att bestånden vårdas under omloppstiden med olika röjnings- och gallringsingrepp för att slutligen skördas genom slutavverkning. Där den slutavverkade skogen tidigare stod anläggs ett nytt bestånd och cykeln upprepas. En skog som sköts med trakthyggesbruk kännetecknas av att den är enskiktad.

Träden har i stort sett lika höjd och ett tydligt krontak kan urskiljas (Lundqvist m.fl., 2014).

### **Alternativa skogsskötselsystem**

År 1993 fastställde riksdagen att en ny skogspolitik i Sverige skulle införas där målsättningen var att miljö- och produktionsmålen skulle väga lika. Genom en avreglerad lagstiftning skulle den nya skogspolitiken innebära en ökad frihet för skogsägarna ur ett skogsskötselperspektiv (Danielsson m.fl., 1998). Syftet med denna skogspolitik var att förespråka ett mer mångfacetterat skogsbrukande samt ge större variation i skogsskötselmetoder. Den skogspolitik som bedrivits i Sverige fram till denna tidpunkt hade varit mer produktionsinriktad. Den nya skogspolitiken skulle främja den biologiska mångfalden och öka möjligheterna till alternativa bruksmetoder (Cedergren, 2008).

Skogsstyrelsen har som uppgift att arbeta för att de skogspolitiska målen uppfylls genom att jämställa produktion och miljö. I denna roll ingår att utveckla produktionsmetoder inom skogsbruk och förmedla denna kunskap vidare till den skogliga sektorn. Mellan år 2005 och 2008 bedrev Skogsstyrelsen ett projekt om kontinuitetsskogar och hyggesfritt skogsbruk. Målet med projektet var att öka kunskapen om det hyggesfria skogsbrukandet och att detta ska ses som ett alternativ till det dominerande trakthyggesbruket. Hyggesfritt skogsbruk används med fördel i skogar som har höga naturvärden, är tätortsnära och som nyttjas i rekreationssyfte (Cedergren, 2008).

Begreppet kontinuitetsskogar och hyggesfritt skogsbruk används som samlingsnamn för skogsskötselmetoder och skogsskötselsystem där marken aldrig lämnas kal. Bland dessa återfinns skogsskötselsystemet blädningsbruk (Lundqvist m.fl., 2014).

### **Blädningsbruk**

Då skogen sköts enligt skogsskötselsystemet blädningsbruk krävs att beståndet är fullskiktat. En skog som är fullskiktad har träd i alla höjd- och diameterklasser, allt från små plantor till grova träd. Det ska finnas betydligt fler små plantor och träd än grova timmerträd och dessa ska vara väl fördelade över arealen (Braf, 1996). I blädningsbruket gallras, blädas, kontinuerligt de grövre träden bort men skogen behåller sin fullskiktade karaktär. De mindre träden ersätter de avverkade träden och en ständig inväxning sker av nya plantor; en form av kontinuitet skapas. Det går inte att urskilja olika utvecklingsfaser i en fullskiktad skog utan den har likartat utseende hela tiden. Blädningskötselsystemet kan indelas i flera olika former av blädningsbruk. Sker brukandet med stamvis blädning försöker man behålla en i förväg bestämd diameterfördelning i beståndet. Vid volymbädning släpps de strikta kraven på att upprätthålla en diameterfördelning och fokus riktas istället på att upprätthålla en viss volym, virkesförråd, i beståndet. Inom blädningsbruket är den enda åtgärden blädning vilket är en form av gallring (Lundqvist m.fl., 2014).

För att bibehålla en fullskiktad skog måste trädslag som är skuggföredragande användas. Både plantor och små träd måste klara av att etablera sig och växa i ett bestånd där krontaket redan är slutet. Blädning bör därför i första hand ske med granskog i Sverige (Lundqvist m.fl., 2014).

De träd som växer under ett slutet krontak har betydligt långsammare tillväxt än på ett hygge. Normalt tar det mellan 150 – 200 år för en liten planta att växa till ett fullstort träd i en blädningsskog (Lundqvist m.fl., 2014).

### **Blädningsbar areal i Sverige**

En inventering av arealen fullskiktad granskog skedde i samband med skogsinventeringen år 1992 (Lundqvist m.fl., 2014). Trots att denna studie hade brister framkom att närmare en miljon hektar hade en lämplig beståndsstruktur varav 0,6 miljoner av dessa hade tillräckligt stort virkesförråd för att blädningsbruk skulle vara ett alternativ. Sannolikt har arealen med fullskiktad skog lämplig för blädning sjunkit sedan dess. Att omvandla en enskiktad likåldrig skog till en fullskiktad blädningsskog tar troligen lång tid. Det saknas dokumenterade exempel på en sådan typ av omvandling. Enligt simuleringar i prognosmodeller tar det mellan 50 till 100 år att omställa ett bestånd i samband med första gallringen till en skog med nästan fullskiktad struktur (Lundqvist m.fl., 2014).

### **Ökad risk för rötangrepp i kontinuitetsskogsbruk**

Rotrötans utbredning är som bekant ett ökande problem oavsett om trakthyggesbruk eller hyggesfritt skogsbruk tillämpas. Inom trakthyggesbruket kan riskerna för spridning minskas genom att välja att inte gallra eller tillämpa gallringfritt skogsbruk i bestånd där rötandelen är hög. I det hyggesfria skogsbruket innebär återkommande ingrepp att det regelbundet tillkommer färsk stubbytor vilket gagnar rottickan. Detta kan medföra att risken för spridning är högre i ett hyggesfritt skogsbruk i jämförelse med ett gallringsfritt trakthyggesbruk. För att motverka rottickans spridning bör avverkning ske vintertid när temperaturen varaktigt understiger +5°C oavsett skogsskötselsystem. Då avverkning sker vid högre temperatur bör stubbehandling utföras för att minska risken för rötangrepp (Magnusson m.fl., 2010).

Enligt Karlsson m.fl. (2006) antyder modeller över rotrötans spridning att rötangrepp i kontinuitetsskog är ett ständigt ökande problem. Detta anses bland annat bero på den höga granandelen vilket även nämns i tabell 1. När rotröten etablerar sig i beståndet finns goda möjligheter att vegetativt sprida sig till intilliggande träd och utöka rötangreppet (Berglund m.fl., 2011; Thor m.fl., 2009). Detta påstående får stöd av två oberoende finska studier där båda studierna antyder att en högre rötfrekvens återfinns i kontinuitetsskogen (Mattila & Nuutinen, 2007, Piri & Valkonen, 2013). Enligt Piri & Valkonen (2013) underlättar den höga granandelen rottickans vegetativa spridning mellan olika diameterklasser av träd. Ett trädslagsbyte eller ökad inbladning av andra trädslag för att minska rötans spridning är inte heller möjligt (Karlsson m.fl., 2006).

Vid blädningsbruk avverkas i regel de grövsta träden i beståndet vilket innebär att medelstora eller stora skogsmaskiner måste användas vid varje ingrepp till skillnad från trakthyggesbruket (Lundqvist m.fl., 2014). Tyngre maskiner innebär ett högre marktryck och en ökad risk för körsador på både rötter och stammar (Karlsson m.fl., 2006) vilket kan innebära en inkörsport för rottickan (Berglund m.fl., 2011). För att minska körsador på rotsystemet bör avverkning ske under perioder då marken är tjälad eller torr (Magnusson m.fl., 2010).

## **Metoder för rötlokalisering i träd**

Det finns flera metoder att uppskatta mängden röta i ett träd. Dessa metoder indelas i olika kategorier beroende på om metoden är destruktiv eller icke-destruktiv. Vid brukandet av en destruktiv metod måste åverkan göras på träden för att kunna fastställa en diagnos. Vanligt förekommande destruktiva instrument är tillväxtborr, Resistograf och Shigometer (Romeralo, 2010).

Tillväxtborr är sannolikt det mest nyttjade destruktiva instrumentet för att lokalisera och uppskatta mängden röta i ett bestånd. Borrkärnan inspekteras på ett enkelt sätt efter förekomst eller avsaknad av röta och medför en relativt säker bedömning. Instrumentet har dock sina brister, speciellt vid användning i brösthöjd. Risken är stor att rötan är lokaliserad vid sidan av borrhålet och därmed förbises. Borrhålet är dessutom skadligt för trädet i dubbel bemärkelse eftersom både en teknisk skada och en potentiell inkörsport för rötsvampar uppstår (Berglund m.fl., 2011).

En icke-destruktiv metod kan ge en diagnos utan att göra åverkan på träden vilket är att föredra. Det finns ett flertal tekniker att utföra diagnoser med hjälp av icke-destruktiva instrument. Diagnostisering av träd kan bland annat ske akustiskt (Deflorio m.fl., 2008), elektriskt (Nicolotti m.fl., 2003) eller med assistans av ultraljud (Bucur, 2005) samt röntgen (Tomazello m.fl., 2008).

## **Syfte och frågeställningar**

Syftet med denna studie är att undersöka om en skillnad i rötfrekvens kan urskiljas mellan träd i olika diameterklasser i röjningsskog och hur bra skydd Rotstop® ger i olika diameterklasser.

Frågeställningar:

- Beror en eventuell skillnad i rötfrekvens på andelen kärnved/splintved i röjstubbarna?
- Hur påverkas rötfrekvensen av stubbarnas diameter vid stubbskåret?
- Finns behov av att använda Rotstop® redan i röjningsskedet?
- Finns diameterklasser där Rotstop® presterar bättre/sämre?



### 3. MATERIAL OCH METODER

För analys och bearbetning av insamlat material har en kvantitativ metod använts. Denna metod var lämplig att använda då avsikten var att mäta egenskaper med siffror. Målet var att utforma en försöksstudie med hög validitet och reliabilitet (Eliasson, 2010).

#### Experimentets design

Denna studie genomfördes i ett bestånd (Se tabell 2) lokaliserat 4 kilometer sydost om Storvik som är beläget i Gästrikland (Latitud: 60,58333, Longitud: 16,53333). Beståndet domineras av en fröträdsställning av tall och under denna har granar vuxit upp i varierande åldrar och diametrar. En försöksyta anlades genom att med motorsåg kapa 15 centimeters stubbar av de undertryckta granarna. Granarna hade ett diameterspann på mellan 2 och 13,9 centimeter vid stubbskäret. Av de totalt 90 stubbar som skapades på provytan behandlades 45 med Rotstop® medan de resterande stubbarna lämnades obehandlade. Vid doseringen av preparatet följdes tillverkarens instruktion där det angavs att minst ett gram produkt skulle användas per liter vatten. En liter färdigblandat preparat räcker enligt tillverkaren till en kvadratmeter stubbyta. Preparatet påfördes med pipett i en mängd motsvarande 0,1 ml per cm<sup>2</sup> (1000 ml/10000 cm<sup>2</sup>) vilket motsvarade ett 1 mm tjockt lager på stubbytan. Stubbarna märktes därefter med individuella nummer.

**Tabell 2.** Data över beståndet där en försöksyta etablerades med Rotstop®-behandlade respektive obehandlade stubbar.

Bestånd	Si (H100)	Ålder	Höjd, m	M <sup>3</sup> sk/ha	Markfuktighet	Markvegetation	GYL	Jordart	Altitud, möh
Storvik	T22	125	24	170	Frisk	Blåbärstyp	122	Sandig-moig morän	75

Stubbarna i försöket indelades separat för respektive behandling in i tre klasser (2,0 - 4,9, 5,0 - 7,9 respektive 8,0 - 13,9 centimeter) baserade på diameter vid stubbskäret. På en fältblankett (Bilaga 1 - 3) antecknades för varje stubbe data rörande diameter vid stubbskäret, snittytans area (cm<sup>2</sup>), ålder vid stubbskäret samt utförd behandling.

Påföljande dag applicerades med pipett rottickesporer i flytande form från isotopen RB175, rottickans S-form, på samtliga stubbar. Dessa hade tidigare odlats fram på petridiskar vid SLU Biocentrum i Uppsala. Sporererna på petridiskarna lösgjordes genom att diskarna tvättades i vatten och skrapades med en spatel. Efter utförd tvätt analyserades vätskan i en sporräkningskammare för att säkerställa förekomsten av rottickesporer. Genom analys i sporräkningskammare klargjordes, genom en provserie om 10 provtagningar, att vätskan i medeltal innehöll 83 000 sporer/ml. Den färdiga produkten som skulle användas i fält och appliceras på stubbarna skulle innehålla 2000 sporer/ml. Detta innebär att den koncentrerade vätskan behövde spädas. Enligt en spädningsfaktor (Formel 1) skulle 24,1 ml koncentrerad spörvätska användas per

liter vatten för att uppnå tidigare nämnd koncentration. Den färdiga koncentrationen pipetterades på stubbarna, 0,1 ml/cm<sup>2</sup>, med målsättningen att applicera på 200 sporer/cm<sup>2</sup>.

$$V1 = (C2 * V2)/C1$$

**Formel 1**

Där:

V1= Volymen före spädning (2000\*1000)/83 000=24,1 ml)

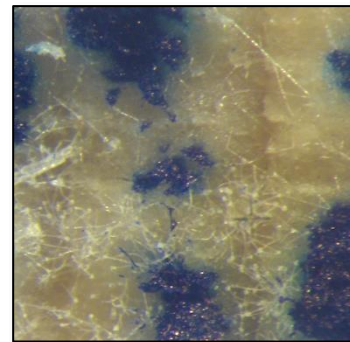
V2= Volymen efter spädning (1000 ml)

C1=Koncentrationen före spädning (83 000 sporer/ml)

C2=Koncentrationen efter spädning (2000 sporer/ml)

### Provtagning

Sju veckor efter det att försöket lagts ut och preparerats återbesöktes ytan för insamling av data för fortsatt analys och bearbetning. Från samtliga röjstubbar kapades 1 centimeter tjocka trissor med en motorsåg. Dessa trissor borstades rena från sågspån och barkades med hjälp av en kniv. På de stubbar där kärnved förekom markerades denna med en penna för att underlätta det efterföljande laboratoriearbetet. Trissorna paketerades därefter individuellt i märkta plastpåsar med det



**Figur 3.** Illustrerar rottickans konidioforer.



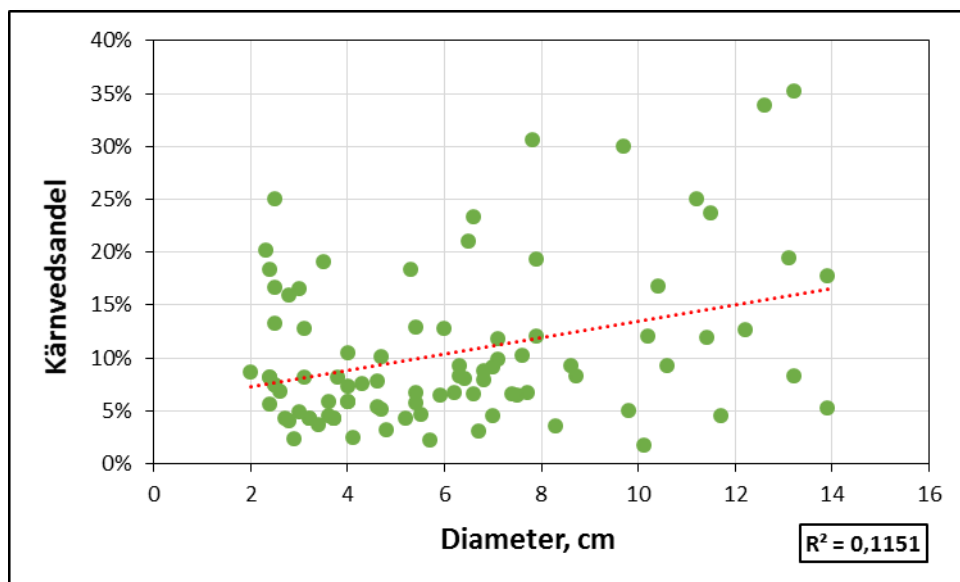
**Figur 4.** Trissa med anbringade linjer och markerade konidioforer.

nummer som de fått tidigare. Påsarna förvarades sedan i rumstemperatur under sju dagar för att rottickan skulle gro. Samtliga plastpåsar transporterades därefter till SLU Biocentrum i Uppsala där trissorna analyserades i mikroskop för att mäta förekomst av röta. På datablad (Bilaga 4 – 6) registrerades om de lyckade rötinfektionerna var lokaliserade i splintved, kärnved eller båda. Dessutom mättes rötinfektionens storlek i kvadratcentimeter (cm<sup>2</sup>), ålder och kärnvedsdiameter. Även antalet lyckade infektioner per trissa registrerades. Lokaliserade konidioforer (Figur 4) på respektive trissa

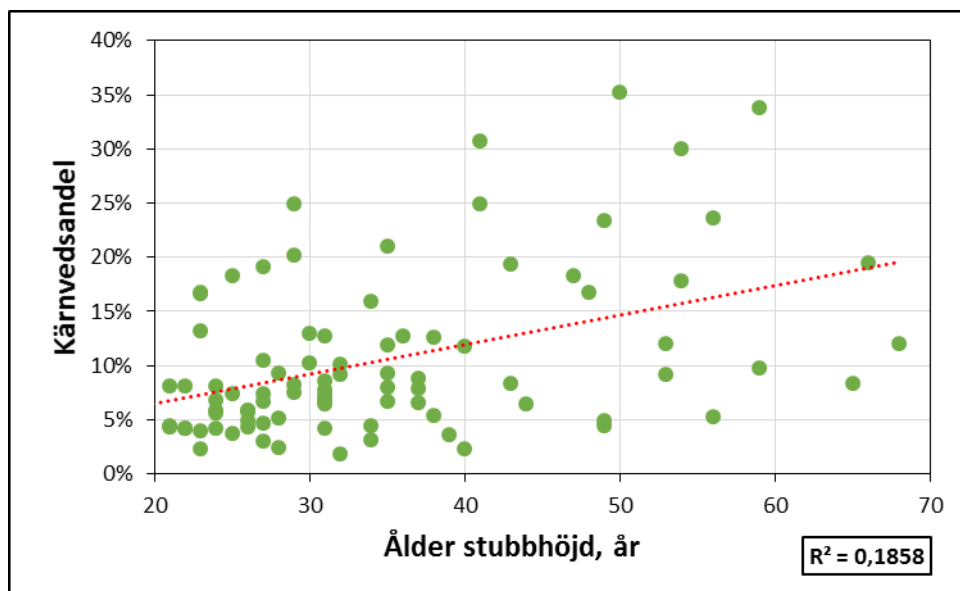
markerades med en märkpenna. Linjer anbringades på trissorna för att underlätta och effektivisera orienteringen i mikroskopet i sökandet efter konidioforer (Figur 3). Ett rutnät utskrivet på plastfilm nyttjades för att mäta respektive infektions area. Denna data utgjorde grunden till den fortsatta statistiska analysen.

## 4. RESULTAT

Enligt de data som insamlades i beståndet i Storvik och i laboratorium på Biocentrum i Uppsala fanns enbart en svag korrelation mellan stubbarnas kärnvedsandel och diameter (Figur 5). Korrelationen var något starkare mellan kärnvedsbildning och ålder vid stubbskåret (Figur 6).

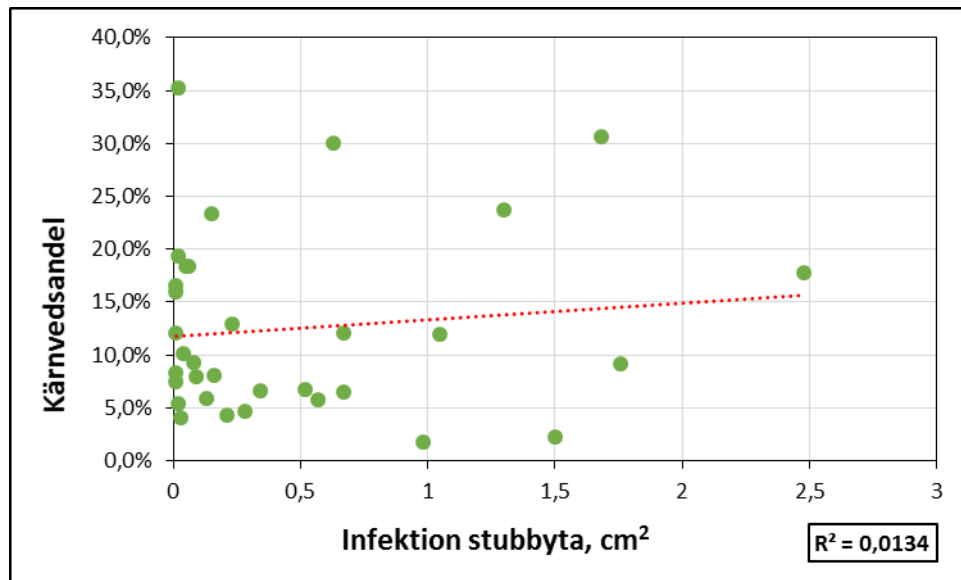


**Figur 5.** Sambandet mellan kärnvedsandelen och diametern illustreras. Enligt den utförda regressionsanalysen med en linjär trendlinje var determinationskoefficienten ( $R^2$ -värdet) 0,1151.



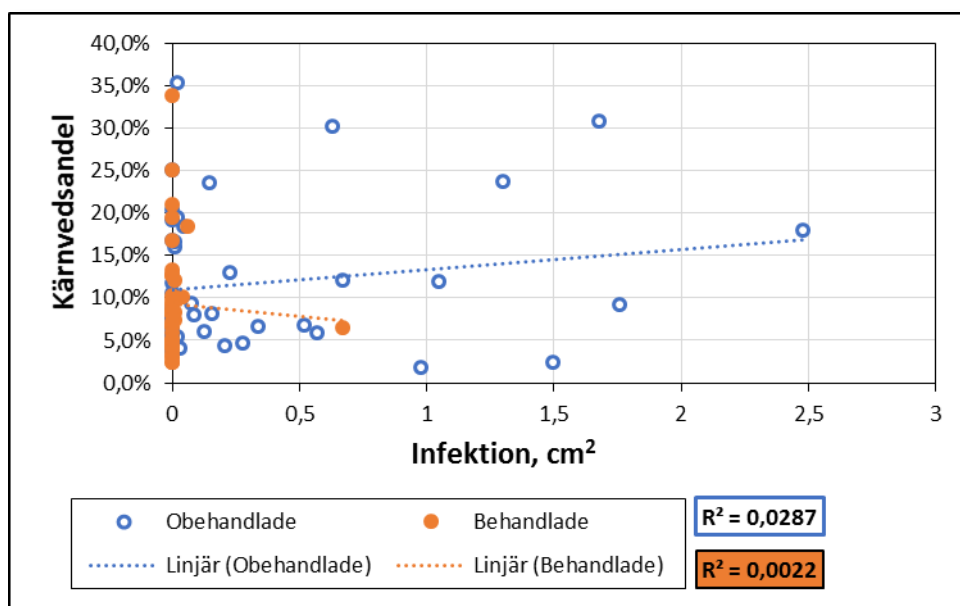
**Figur 6.** Sambandet mellan kärnvedsandel och stubbarnas ålder vid stubbskåret. Enligt den utförda regressionsanalysen med en linjär trendlinje var determinationskoefficienten ( $R^2$ -värdet) 0,1858.

Åldern vid stubbskåret var mellan 18 och 68 år med ett medelvärde motsvarande 38,7 år. Kärnvedsbildningen hade påbörjats hos samtliga stubbar som ingick i studien. Kärnvedsandelens varierade mellan 1,8 – 35,3 procent. I medeltal utgjordes 10,5 procent av stubbytorna av kärnved vilket innebär att motsvarande siffra för splintved var 89,5 procent.

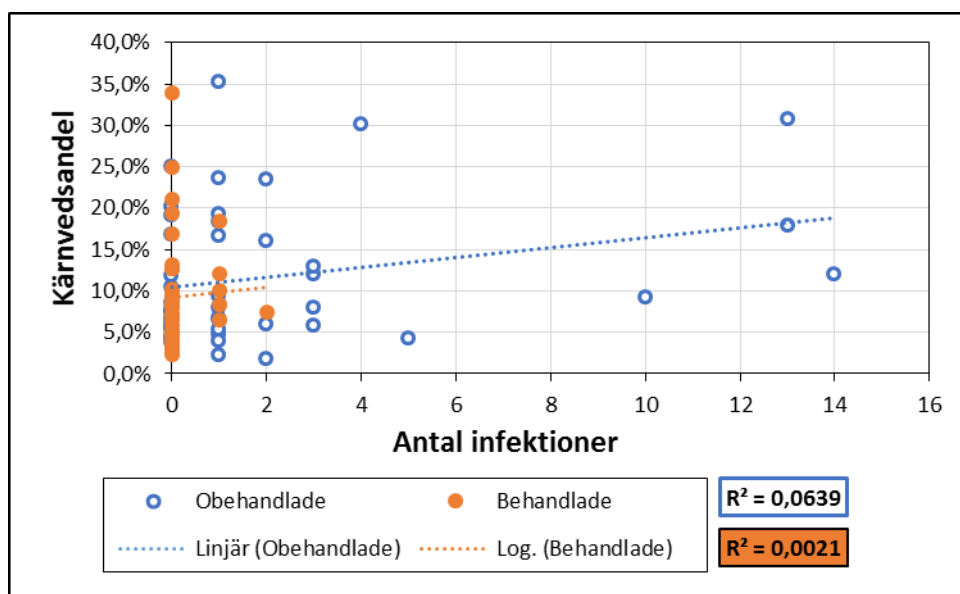


**Figur 7.** Sambandet mellan kärnvedsandelens och infekterad stubbyta (cm²). Samtliga infektioner hos både behandlade och obehandlade stubbar är angivna i diagrammet. Enligt den utförda regressionsanalysen med en linjär trendlinje är determinationskoefficienten ( $R^2$ -värdet) 0,0134.

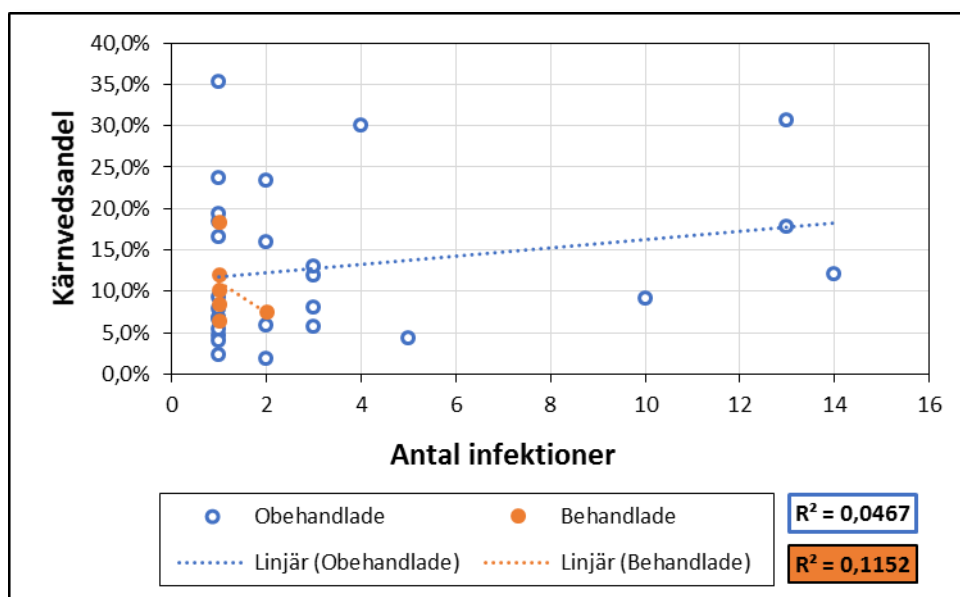
Sammantaget för hela materialet där både behandlade och obehandlade stubbar instuderats var korrelationen mellan kärnvedsandelens och den infekterade stubbytan (cm²) obefintlig (Figur 7). Detsamma gällde när materialet delats upp i respektive behandling (Figur 8). Det fanns inte heller något samband mellan kärnvedsandelens och antalet infektioner per stubbe (Figur 9). Sambandet blev inte starkare då enbart infekterade stubbar i respektive behandlingsform analyserades (Figur 10).



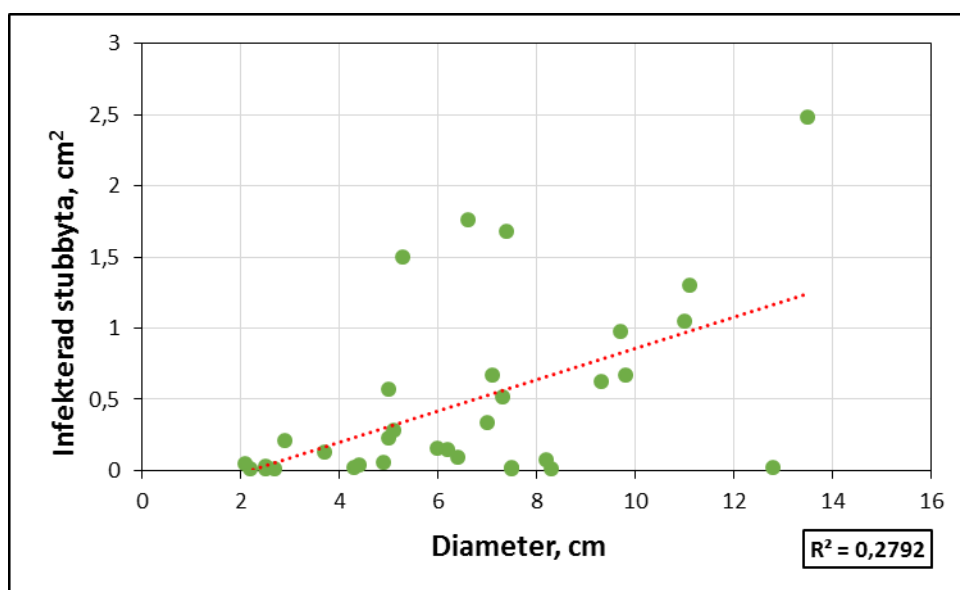
**Figur 8.** Sambandet mellan kärnvedsandelen och infekterad stubbyta (cm<sup>2</sup>) illustreras uppdelat för respektive behandlingsform. Samtliga stubbar har redovisats oavsett om de infekterats eller inte. Enligt den utförda regressionsanalysen med en linjär trendlinje var determinationskoefficienten ( $R^2$ -värdet) 0,0287 för obehandlade respektive 0,0022 för behandlade stubbar.



**Figur 9.** Sambandet mellan kärnvedsandelen och antalet infektioner illustreras uppdelat för respektive behandlingsform. Samtliga stubbar har redovisats oavsett om de infekterats eller ej. Enligt den utförda regressionsanalysen med en linjär trendlinje var determinationskoefficienten ( $R^2$ -värdet) 0,0639 för obehandlade respektive 0,0021 för behandlade stubbar.



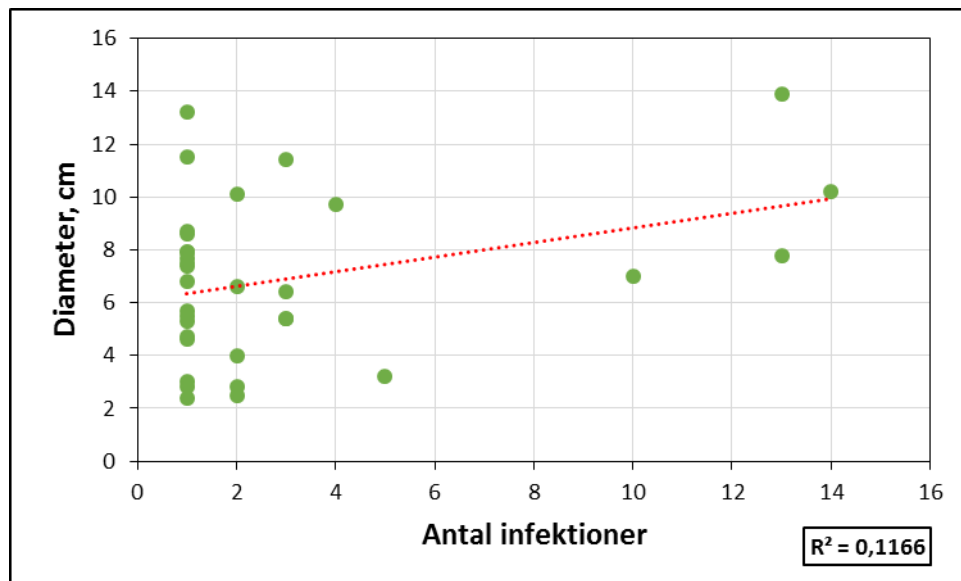
**Figur 10.** Sambandet mellan kärnvedsandel och antalet infektioner illustreras uppdelat för respektive behandlingsform. Enbart de infekterade stubbarna i respektive behandlingsform har inkluderats. Enligt den utförda regressionsanalysen med en linjär trendlinje var determinationskoefficienten ( $R^2$ -värdet) 0,0467 för obehandlade respektive 0,1152 för behandlade stubbar.



**Figur 11.** Sambandet mellan stubbarnas diameter och infekterad stubbyta (cm²). Samtliga infektioner hos både behandlade och obehandlade stubbar är angivna i diagrammet. Enligt den utförda regressionsanalysen med en linjär trendlinje var determinationskoefficienten ( $R^2$ -värdet) 0,2792.

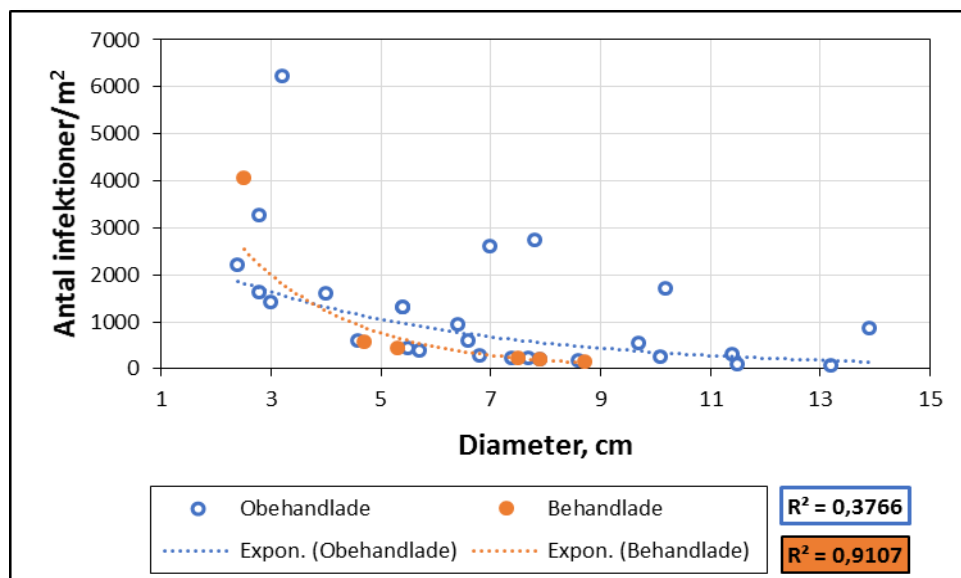
Både bland de behandlade och obehandlade stubbarna fanns en starkare korrelation mellan stubbarnas diameter och den infekterade stubbytan än mellan kärnvedsandel och den infekterade stubbytan. En ökad diameter på stubben innebar större risk för infektion (Figur 11) men påverkade inte nämnvärt

antalet infektioner per stubbe (Figur 12). Röstubbarnas medeldiameter var 6,15 centimeter på bark och 5,60 centimeter under bark.

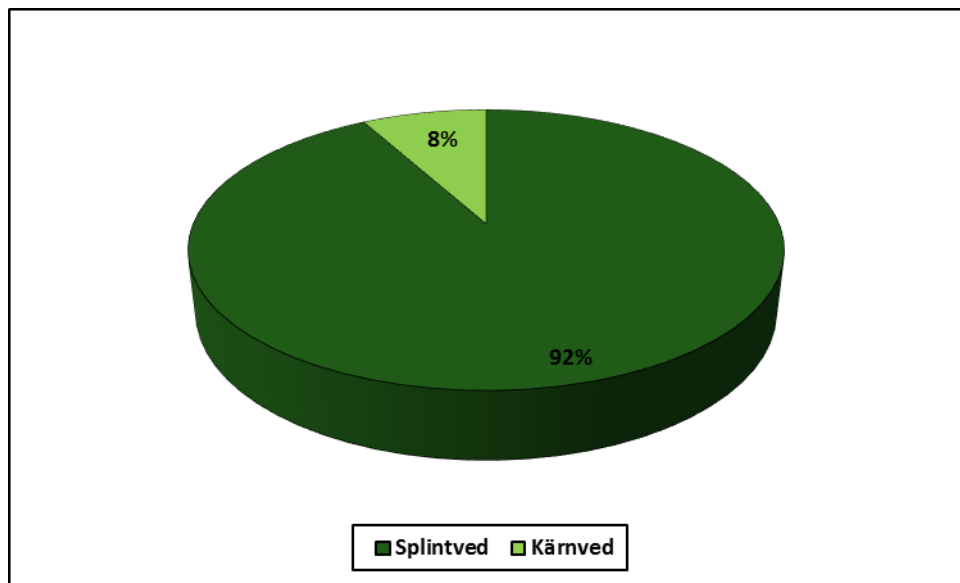


**Figur 12.** Sambandet mellan stubbarnas diameter och antalet infektioner per stubbe. Samtliga infektioner hos både behandlade och obehandlade stubbar är angivna i diagrammet. Enligt den utförda regressionsanalysen med en linjär trendlinje var determinationskoefficienten ( $R^2$ -värdet) 0,1166.

Det fanns ett starkt samband mellan stubbens diameter och antalet infektioner per kvadratmeter. Antalet infektioner per kvadratmeter ökade med en minskad diameter (Figur 13).

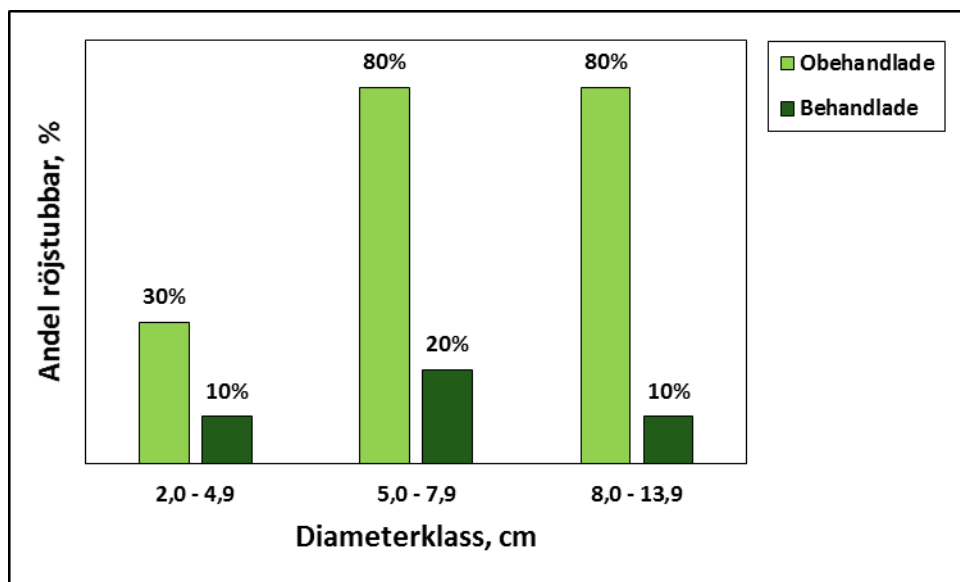


**Figur 13.** Sambandet mellan diameter och antalet infektioner per  $m^2$  illustreras uppdelat för respektive behandlingsform. Enbart de infekterade stubbarna i respektive behandlingsform har redovisats. Enligt den utförda regressionsanalysen med en exponentiell trendlinje var determinationskoefficienten ( $R^2$ -värdet) 0,3766 för obehandlade respektive 0,9107 för behandlade stubbar.



**Figur 14.** Cirkeldiagrammet illustrerar fördelningen av studiens samtliga lyckade infektioner av rottickan för splintved respektive kärnved.

Totalt lokaliserades 99 infektioner på 33 av 90 trissor. Av dessa 99 lyckade infektioner var 91 lokaliserade i splintved och resterande 8 i kärnveden. Av de lokaliserade infektionerna var 92 procent i splintved och enbart 8 procent i kärnved (Figur 14). Medelinfektionen i splintveden motsvarade vid mättillfället en yta av 0,173 cm<sup>2</sup> medan motsvarande siffra för kärnveden var 0,0024 cm<sup>2</sup>.



**Figur 15.** Rötfrekvensen i respektive diameterklass för behandlade respektive obehandlade stubbar.

I den klenaste diameterklassen hade 6 av 20 (30 procent) av de obehandlade stubbarna infekterats respektive 2 av 20 (10 procent) av de behandlade. I den



mellersta diameterklassen återfanns en högre rötfrekvens. Där hade 12 av 15 (80 procent) av de obehandlade stubbarna infekterats respektive 3 av 15 (20 procent) av de behandlade. En hög rötfrekvens återfanns även i den största diameterklassen. Där hade 8 av 10 (80 procent) av de obehandlade stubbarna infekterats respektive 1 av 10 (10 procent) av de behandlade (Figur 15). Totalt infekterades 26 av 45 (57,8 procent) av de obehandlade stubbarna medan enbart 6 av 45 (13,3 procent) av de behandlade hade infekterats.

Antalet infekterade stubbar som behandlats med Rotstop® hade signifikant ( $n_{OB} = 45$ ,  $n_R = 45$ ,  $t = 4,404$ ,  $p < 0,0001$ ) färre infektioner än de obehandlade. Hypotesprövningen återfinns i avsnittet för bilagor (Bilaga 7).



## 5. DISKUSSION

Rötproblematiken måste tas på största allvar. Enligt den matematiska modell som framställdes av Skogforsk under 2004 finns indikationer att rötangrepp förväntas finnas i 14 procent av de granar som antingen avverkas i gallring eller slutavverkning i Sverige (Thor m.fl., 2004; Hannertz m.fl., 2008; Oliva m.fl., 2015) vilket är oroande siffror. Denna siffra tror jag i framtiden kommer stiga ytterligare beroende på det ökade kravet på jämn försörjning av skoglig råvara till de svenska industrierna under hela året. För att skogssektorn ska kunna uppnå dessa krav innebär det att mer skog måste avverkas under vegetationsperioden vilket ökar infektionsrisken från rottickan, både från körskador och stubbytor. Stubbar borde behandlas med stubbpreparat i samtliga steg, från eftersatta röjningar till slutavverkning för att motverka spridning, i synnerhet i friska bestånd. Jag anser att större bidrag till mer intensifierad forskning inom skoglig mykologi och patologi borde eftersträvas, dels för att få fram ett mer resistent plantmaterial (Swedjemark & Karlsson, 2004) men även för att framställa mer effektiva preparat för stubbehandling.

### Studiens förväntade utfall

Det resultat som kunde förväntas i denna studie torde vara en högre rötfrekvens och en mer koncentrerad infektion i de röstubbar där kärnved bildats. Detta har stöd i tidigare studier där både rottickans S- och P-form i högre grad lyckades med etablering i kärnved än splintved hos gran (Oliva m.fl., 2013). Röstubbarna i den mellersta och högsta diameterklassen torde ha högre rötfrekvens än de klenare. Detta borde dels bero på att kärnvedsandelen och stubbdiametern är högre men också att snittytan på en större röstubbe motsvarar snittytan av många små röstubbar. En stor röstubbe med en diameter på 10 centimeter har en snittyta på 78,5 cm<sup>2</sup> medan en röstubbe med en diameter på 2 centimeter enbart har en snittyta på 3,1 cm<sup>2</sup>. Detta innebär att det går  $78,5/3,1 = 25,3$  stubbar i 2 centimetersklassen för att jämföra samma snittyta vilket kan försvåra tolkningen av resultaten från denna studie. Vid tolkning av resultaten kan det vid första anblick se ut som om rötfrekvensen är näst intill obefintlig i den klenaste diameterklassen och att risken för en infektion från rottickan är minimal. Detta är dock en sanning med modifikation. Sannolikheten för att rottickans sporer ska landa och etablera sig på en klenare röstubbe är klart mindre än på en grövre röstubbe (Bendz-Hellgren & Stenlid, 1998). Om vi följaktligen antar att sannolikheten för att en lyckad infektion av rottickan sker vid ett tillfälle per 78,5 cm<sup>2</sup> snittyta drabbas varje röstubbe med en diameter på 10 centimeter av en lyckad infektion medan enbart 1 av 25 mindre röstubbar med en diameter på 2 centimeter infekteras. För att kunna göra en jämförbar studie mellan olika diameterklasser och rötfrekvens skulle egentligen den totala snittytan i samtliga diameterklasser vara lika stor.

De röstubbar som i studien behandlades med Rotstop® torde ha en lägre rötfrekvens över hela diameterspannet. Preparatet applicerades enligt tillverkarens rekommendationer och täckningsgraden på samtliga röstubbar var

fullständig. Trots en täckningsgrad på 100 procent garanteras inte fullständigt skydd mot rottickan enligt Berglund & Rönnerberg (2004) men preparatet har uppenbara behandlingseffekter mot infektioner. Tidigare har nämnts att temperaturen verkar vara en betydande faktor för pergamentsvampens tillväxthastighet (Oliva m.fl., 2015). Pergamentsvampen har en optimal sporgroning vid 30°C enligt Thor m.fl. (1997) vilket är långt över medeltemperaturen under försöksperioden. Under perioden från provytans etablering till avslutande datainsamling var temperaturen för perioden i medeltal 8,3°C (SMHI, 2017: Länk D). Denna data är grovhuggen men ger en indikation på rådande medeltemperatur under försöksperioden och kan ge en förståelse för Rotstops® prestation i fält.

## **Studiens utfall**

I de data som samlades in från denna studie gick det inte att finna något samband mellan kärnvedsandel och infekterad yta eller kärnvedsandel och antal infektioner per stubbe. Av de totalt 99 lyckade infektionerna var enbart 8 lokaliserade i kärnved, långt under det förväntade resultatet. Anledningen till detta torde dels bero på slumpen men även att fuktkvoten i kärnveden ej var optimal för rottickan i kombination med en låg medeltemperatur under försöksperioden. Ytterligare en faktor som kan ha haft betydelse är att stubbarnas kärnvedsandel var mindre än splintvedsandelen, 10,5 procent respektive 89,5 procent i medeltal. Flertalet infektioner som var lokaliserade i splintveden tenderade dock att växa in mot kärnveden.

Resultaten antydde att korrelationen mellan trädens ålder och kärnvedsandel var starkare än korrelationen mellan diameter och kärnvedsandel (Figur 5-6). En anledning till att kärnvedsandelen för röstubbarna hade en starkare korrelation med ålder än diameter kan bero på att samtliga träd i beståndet var undertryckta under en fröträdställning av tall. I enighet med Sellins (1994) studie påbörjas kärnvedsbildningen tidigare hos träd som undertrycks än i hälskande träd vilket kan förklara detta samband.

Som förväntat fanns en korrelation mellan diameter och infekterad yta (Figur 11) vilket överensstämmer med resultat som framkommit i Bendz-Hellgrens & Stenlids (1998) tidigare studie. Däremot påverkade inte stubbarnas diameter antalet infektioner (Figur 12) Korrelationen mellan diameter och antalet infektioner var svagare än korrelationen mellan diameter och den infekterade stubbytan.

Den klenaste diameterklassen hade som förväntat lägre antal infektioner än den mellersta och största diameterklassen. Antalet infektioner per kvadratmeter blev högre för de klenare diameterklasserna än de grövre vilket framkommer tydligt i Figur 16. Även om risken för en infektion minskar med minskad stubbdiameter kan fler infektioner i klenare stubbar vara värre än ett fåtal infektioner i de grövre för ett bestånd ur ett rötspridningsperspektiv.

Likt resultaten som presenterades av Berglund & Rönnerberg (2004) infekterades behandlade stubbar trots en täckningsgrad vid behandling på 100 procent. Berglund & Rönnerberg (2004) rapporterade att 30 procent av de behandlade stubbarna infekterats av rottickan medan motsvarande utfall i denna studie i den mellersta och grövsta diameterklassen var 20 respektive 10 procent infekterade. Av de obehandlade stubbarna hade mellan 70 och 80 procent infektioner i Berglund & Rönnerbergs (2004) studie vilket liknade utfallet i denna studie. I samtliga diameterklasser var andelen infekterade stubbar lägre där behandling med Rotstop® utförts (Figur 15). Resultaten antyder att större stubbdiameter ger större anledning att överväga stubbehandling i röjningsskedet om röjningen sker under vegetationsperioden. Denna slutsats har även dragits av Berglund m.fl. (2011).

### **Påverkande faktorer**

Faktorer som kan ha påverkat denna studie är både temperaturen och nederbörden under etableringsfasen. Under de sex första dygnen regnade det 23,7 mm vilket kan ha minskat antalet lyckade infektioner på stubbarna. Ett alternativ som övervägdes men ej genomfördes var att skapa någon form av skydd som skulle appliceras på respektive stubbe. Det hade också varit önskvärt att påföra sporlösningen samma dag som provytan preparerades.

### **Förändringar vid upprepning av studien**

Tidsbristen var en ständigt påtaglig faktor. Hade mer tid funnits hade jag valt att anlägga fler provytor och göra större sampel inom respektive provyta för att öka reliabiliteten. Dessutom hade jag valt att ta med en variabel där varken Rotstop® eller vätska med rottickesporer påfördes för att kunna notera hur stubbarna påverkades av rottickans naturliga sporspridning. Som nämnts tidigare påverkas den naturliga sporspridningen av rådande temperatur (Gonthier m.fl., 2005; Berglund m.fl., 2011) vilket skulle innebära att studien då skulle förlagts senare under vegetationsperioden för att säkerställa att rottickans sporproduktion initierats. Det hade även varit intressant att ha med ett försöksled med ureabehandlade stubbar i studien. Enligt resultatet från försöksutläggningen utförd av Thor & Stenlid (2005) utgör urea bevisligen ett bättre skydd än pergamentsvamp ur rötskyddsperspektiv vilket gav incitament att överväga att även inkludera detta preparat som ett försöksled i min studie. För att göra denna studie så rättvisande som möjligt hade det varit önskvärt att förändra fördelningen av stubbar och kapa fler stubbar i den klenare diameterklassen för att mer rättvist kunna jämföra den totala snittytan i respektive diameterklass.

### **Tidigare forskning**

Gunulf m.fl. (2012) gjorde en liknande studie i röjskogsbestånd där röstubbar mellan 2 och 14 centimeter kapades och där isolatet RB175 applicerades på stubbytorna. Syftet med den studien var dock att undersöka huruvida röstubbar trots sin storlek kunde sprida rottickan till intilliggande träd via rotkontakt. Likt min framställning av sporlösningen framodlades isolatet på petridiskar men skrapades och sköljdes i destillerat vatten. Mängden sporlösning berodde likt

min studie på röstubbarnas diameter men i deras studie var målsättningen att enbart applicera 50 sporer/cm<sup>2</sup> stubbyta.

Resultaten från denna studie antydde att samtliga röstubbar, oavsett diameter eller ålder, kunde sprida rottickans S-form till intilliggande träd. Risken för en lyckad överföring och infektion ökade med ökad diameter på både röstubbar och intilliggande träd. Vid en given diameter på röstubbarna sågs en tendens till minskad infektionsrisk vid en ökad stubbålder. Ett liknande resultat framkom även i min studie där även röstubbarna i den klenaste diameterklassen hade infekterats av rottickan.

### **Metoder för påföring av preparat i röjningsskedet – En uppmaning inför en framtida studie**

Enligt Gunulf m.fl. (2012) finns risk att introducera rottickan redan i röjningsstadiet med all problematik som detta kan medföra för beståndets framtid. Detta tyder på att det redan i röjningsskedet finns incitament att påföra antingen pergamentsvamp eller urea på röstubbarna i direkt samband med att dessa kapas under vegetationsperioden för att på så sätt minska infektionsrisken från rottickan. Mig veterligen finns det i dagsläget inga rationella metoder för att påföra sådana preparat i röjningsskedet. Det tar för lång tid för röjaren att leta upp och behandla röstubbarna i efterhand så detta moment bör ske direkt. Här tycker jag det finns utrymme för utveckling och att försöka utforma rationella metoder för effektiv påföring av preparat. En möjlig metod skulle kunna vara att på röjsågen montera en behållare som kan fyllas med preparat. Denna behållare skulle vara sammankopplad med en slang som löper längs röjsågens drivaxelhölje och slutar en bit ovanför klingan. Med någon typ av manöver får röjaren preparat att färdas i slangen så att det kan påföras på röstubben efter utförd kapning. Enligt Rotstops® tillverkare räcker en liter färdigblandat preparat till en kvadratmeter stubbyta så denna behållare behöver inte vara särskilt stor och vikten kan hållas nere. Problematiken som kan uppstå är att röstammarna bör kapas i ett horisontellt snitt för att preparatet ska stanna kvar på stubbytan. Det vore intressant att ta del av sådana studier och jag hoppas verkligen denna forskning en dag kan realiseras. Det är mer än hög tid att ta rottickeproblematiken på största allvar och försöka begränsa spridningen vid samtliga skogliga ingrepp, från röjningsskedet till slutavverkning.

### **Avslutande slutsatser**

Slutsatsen som kan dras utifrån denna studie är att en tidig introduktion av rotticka i grandominerade bestånd kan medföra omfattande framtida rötangrepp som blir kännbara redan vid förstagallringen. Risken för en lyckad etablering och infektion ökar med en ökande stubbdiameter. Enligt min studie påverkades inte infektionerna av granens kärnvedsandel.

Av studiens resultat att döma finns det behov av att utföra stubbehandling redan i röjningsskedet om röjningsåtgärden utförs under vegetationsperioden, i synnerhet i eftersatta röjningar med hög medeldiameter på stubbarna. Detta påstående får stöd av Berglund m.fl. (2011) som antyder att eftersatta röjningar

eller underröjningar bör stubbehandlas om de åtgärdas under vegetationsperioden eller utföras vintertid för att minska infektionsrisken från rottickan. Vid röjning i eftersatta bestånd under vegetationsperioden skulle röstubbarna kunna kapas högre för att minska stubbdiametern, förslagsvis med en kedjeröjsåg för förbättrad ekonomi.





## 6. SAMMANFATTNING

Benämningen rotröta är samlingsnamnet för att beskriva skador som orsakas av ett antal vednedbrytande svampar. Denna vednedbrytning uppskattas orsaka ekonomiska förluster på mellan 0,5-1 miljard kronor årligen för de svenska skogsägarna. Värdeförlusterna orsakade av rötangrepp kan vara både direkta och indirekta. Direkta värdeförluster uppkommer genom kvalitetsnedsättningar på virket. Virke som rötangripits riskerar att nerklassas från sågtimmer till antingen massaved eller brännved beroende på vedens nedbrytningsgrad. Detta medför ekonomiska förluster för skogssektorn genom minskad timmerproduktion. Rotröta orsakar dessutom ökad mortalitet för angripna träd. De indirekta värdeförlusterna uppkommer genom en ökad risk för stormfällning och snöbrott eftersom de rötangripna träden försvagas.

Syftet med denna studie var att undersöka huruvida kärnvedsandel och stubbdiameter påverkar etableringen av rottickans S-form (*Heterobasidion parviporum*) i ett granbestånd i röjningsstadiet samt om stubbehandling bör utföras redan i röjningsskedet. I fält utformades en provyta genom att kapa 90 röstubbar med en motorsåg i ett diameterspann mellan 2,0 och 13,9 centimeter som sedan indelades i tre diameterklasser. Hälften av stubbarna i respektive diameterklass behandlades med Rotstop® medan resterande stubbar lämnades obehandlade. Dagen efter prepareringen av provytan applicerades en spörösning innehållande sporer från rottickans S-form som tidigare hade framodlats på petridiskar.

Sju veckor efter provytans utläggning kapades trissor från samtliga stubbar och paketerades i separata plastpåsar. Efter en vecka i plastpåsar inspekterades trissorna efter förekomst av konidioforer, fruktkroppar, från rottickan i mikroskop. Resultatet från denna studie antyder att korrelationen mellan kärnvedsandel och både infektionernas storlek och antal var i princip obefintlig medan stubbdiametern hade en starkare korrelation med både infektionernas storlek och antal. De stubbar som behandlats med Rotstop® hade signifikant färre infektioner än de stubbar som var obehandlade. Preparatet presterade bäst i den mellersta och största diameterklassen där enbart 20 procent respektive 10 procent av stubbarna hade infekterats medan 80 procent av de obehandlade stubbarna i samma diameterklasser hade infekterats. Resultatet indikerar att risken för en infektion ökar med en ökad stubbdiameter men inte nödvändigtvis antalet infektioner per stubbe. Slutsatsen är att röjningsingrepp som sker i eftersatta eller sena röjningar dominerade av gran bör undvikas under vegetationsperioden eller kombineras med stubbehandling för att minska risken för en infektion från rottickan.



## 7. KÄLLHÄNVISNINGAR

### Publikationer

Asiegbu, F.O., Adomas, A. & Stenlid, J. (2005). Conifer root and butt rot caused by *Heterobasidion annosum* (Fr.) bref. S.I. Molecular plant pathology 6(4), 395 – 409.

Axelsson, R. & Angelstam, P. (2011). Uneven-aged forest management in boreal Sweden: local forestry stakeholders' perceptions of different sustainability dimensions. Forestry 84(5).

Bendz-Hellgren, M. & Stenlid, J. (1998). Effects of clear-cutting, thinning and wood moisture content on the susceptibility of Norway spruce stumps to *Heterobasidion annosum*. Canadian journal of forest research 28(5), 759 – 765.

Bendz-Hellgren, M, Brandtberg, P.O., Johansson, M., Swedjemark, G. & Stenlid, J. (1999). Growth rate of *Heterobasidion annosum* in *Picea abies* established on forest land and arable land. Scandinavian journal of forest research 14(5), 402 – 407.

Berglund, M. (2005). Infection and growth of *Heterobasidion* spp. in *Picea abies* – Control by *Phlebiopsis gigantea* stump treatment. Doctor's dissertation, 1 – 41.

Berglund, M. & Rönnerberg, J. (2004). Effectiveness of treatment of Norway spruce stumps with *Phlebiopsis gigantea* at different rates of coverage for the control of *Heterobasidion*. Forest pathology 34, 233 – 243.

Berglund, M., Rönnerberg, J., Holmer, L. & Stenlid, J. (2005). Comparison of five stains of *Phlebiopsis gigantea* and two *Trichoderma* formulations for treatment against natural *Heterobasidion* spp. infections on Norway spruce stumps. Scandinavian journal of forest research 20(1), 12 – 17.

Berglund, M., Norman, J., Rönnerberg, J. & Stureson, C. (Red). (2011). Rotröta: Om rotröta i allmänhet och röttricka på gran i synnerhet. Lund: Studentlitteratur.

Bergkvist, P., Beyer, G., Brundin, J., Ekdahl, I., Ekstedt, J., Esping, B., Fröbel, J., Gross, H., Hansson, T., Jermer, J., Johansson, C.J., Johansson, H.E., Karlsson, A. & Thörnqvist, T. (2013). Att välja trä, nionde utgåvan. Stockholm: Föreningen Sveriges skogsindustrier.

Braf, S. (1996). Miljöanpassad skogsskötsel, Andra upplagan. Jönköping: Skogsstyrelsen.

Bucur, V. (2005). Ultrasonic techniques for nondestructive testing of standing trees. Ultrasonics 43(4), 237 – 239.

Cedergren, J. (2008). Kontinuitetsskogar och hyggesfritt skogsbruk. Meddelande 1, Skogsstyrelsen.

Cleary, M.R, Arhipova, N., Morrison, D.J., Thomsen, I.M., Sturrock, R.N., Vasaitis, R., Gaitnieks, T. & Stenlid, J. (2013). Stump removal to control root disease in Canada and Scandinavia: A synthesis of results from long-term trials. *Forest ecology and management* 290(SI), 5 – 14.

Dalman, K., Olson, A. & Stenlid, J. (2010). Evolutionary history of the conifer root rot fungus *Heterobasidion annosum* sensu lato. *Molecular ecology* 19(22), 4979 – 4993.

Danielsson, B., Fransson, J., Hallerstig, P., Isaksson, H-G., Linder, J. & Ohlsson, S. (1998). Skogsvårdsorganistationens utvärdering av skogspolitiken. Meddelande 1, Skogsstyrelsen.

Deflorio, G., Fink, S. & Schwarze, F. W. M. R. (2008). Detection of incipient decay in tree stems with sonic tomography after wounding and fungal inoculation. *Wood science and technology* 42(2), 117 – 132.

Dudzik K. R. & Shortle W. C. (2012). Wood decay in living and dead trees: a pictorial overview. General technical report NRS-97, 10 – 12.

Eliasson, A. (2010). Kvantitativ metod från början. Lund: Studentlitteratur.

Fahlvik, N. (2005). Aspects of precommercial thinning in heterogeneous forests in southern Sweden. Doctoral thesis. Alnarp: SLU reproenheten.

Garbelotto, M. & Gonthier, P. (2013). Biology, epidemiology, and control of heterobasidion species worldwide. *Annual review of phytopathology* 51, 39 – 59.

Gonthier, P., Garbelotto, M.M. & Nicolotti, G. (2005). Seasonal patterns of spore deposition of *Heterobasidion* species in four forests of the western Alps. *Phytopathology* 95(7), 759 – 767.

Gunulf, A., Wang, L.Y., Englund, J.E. & Rönnerberg, J. (2012). Secondary spread of *Heterobasidion parviporum* from small Norway spruce stumps to adjacent trees. *Forest ecology and management* 287, 1 – 8.

Hannertz, M., Linander, F., Sundblad, L. G., Thor, M. & Wilhelmsson, L. (2008). Hjälpmedel för inventering av rotröta i stående skog. Resultat nr 18, Skogforsk.

Hartmann, G. (2010). Skador och sjukdomar på träd – En diagnosbok, Andra upplagan. Uddevalla: Bokskogen.

Highley, T. L. & Illman, B. L. (1991). Progress in understanding how brown-rot fungi degrade cellulose. *Biodeterioration Abstracts* 5(3), 231 – 244.

- Kallio, T. (1970). Aerial distribution of the root-rot fungus *Fomes annosum* (Fr.) Cooke in Finland. *Acta Forestalia Fennica* 107, 1 – 55.
- Karlsson, B., Lundqvist, L. & Elfving, B. (2006). Trakthyggesbruk och kontinuitetsskogsbruk med gran, en jämförande studie. Redogörelse nr 5, Skogforsk.
- Kirk, K.T. (1983). Degradation and conversion of lignocelluloses. The filamentous fungi 4, 283 – 285.
- Lundqvist, L., Cedergren, J. & Eliasson, L. (2014). Blädningsbruk. Skogsskötselserien nr 11, Skogsstyrelsen.
- Magnusson, B., Oleskog, G. & Rosell, S. (2010). Omföring av enskiktad granskog till flerskiktad granskog. Projekt hyggesfritt skogsbruk & kontinuitetsskog, Skogsstyrelsen.
- Mattila, U. & Nuutinen, T. (2007). Assessing the incidence of butt rot in Norway spruce in southern Finland. *Silva Fennica* 41(1), 29 – 43.
- Müller, M. M., Sievanen, R., Beuker, E., Meesenburg, H., Kuuskeri, J., Hamberg, L. & Korhonen, K. (2014). Predicting the activity of *Heterobasidion parviporum* on Norway spruce in warming climate from its respiration rate at different temperatures. *Forest pathology* 44(4), 325 – 336.
- Nicolotti, G., Socco L. V., Martinis, R., Godio A. & Sambuelli L. (2003). Application and comparison of tree tomographic techniques for detection of decay in trees. *Journal of arboriculture* 29 (2), 66 – 78.
- Nilsson, U., Kärnestam, E. & Sandskär, B. (2014). Växtskyddets grunder, första upplagan. Sveriges lantbruksuniversitet institutionen för växtskyddsbiologi, 71 – 73.
- Nylinder, M. & Fryk, H. (2013). Timmer, andra upplagan. Uppsala: Wikströms tryckeri AB.
- Oliva, J., Thor, M. & Stenlid, J. (2010a). Reaction zone and periodic increment decrease in *Picea abies* trees infected by *Heterobasidion annosum* s.l. *Forest ecology and management* 260(5), 692 – 698.
- Oliva, J., Thor, M. & Stenlid, J. (2010b). Long-term effects of mechanized stump treatment against *Heterobasidion annosum* root rot in *Picea abies*. *Canadian journal of forest research* 40(6), 1020 – 1033.
- Oliva, J., Bernat, M. & Stenlid, J. (2013). Heartwood stump colonisation by *Heterobasidion parviporum* and *H. annosum* s.s. in Norway spruce (*Picea abies*) stands. *Forest ecology and management* 295, 1 – 10.

- Oliva, J., Zhao, A., Zarei, S., Sedlak, P. & Stenlid, J. (2015). Effect of temperature on the interaction between *Phlebiopsis gigantea* and the root-rot forest pathogen *Heterobasidion* spp. *Forest ecology and management* 340, 22 – 30.
- Persson, Y., Ihrmark, K. & Stenlid, J. (2011). Do Bark beetles facilitate the establishment of rot fungi in Norway spruce? *Fungal ecology* 4(4), 262 – 269.
- Pettersson, N., Fahlvik, N. & Karlsson, A. (2012). Røjning. Skogsskötselserien nr 6, Skogsstyrelsen.
- Piri, T. (2003). Silvicultural control of *Heterobasidion* root rot in Norway spruce forests in southern Finland. *The finnish forest research institute* 898, 1 – 64.
- Piri, T. & Valkonen, S. (2013). Incidence and spread of *Heterobasidion* root rot in uneven-aged Norway spruce stands. *Canadian journal of forest research* 43(9), 872 – 877.
- Romeralo, C. (2010). Reliability of Rotfinder instrument for detecting decay in standing trees. Department of forest mycology and pathology, Swedish university of agricultural sciences (SLU).
- Rönnerberg, J., Vollbrecht, G. & Thomsen, I.M. (1999). Incidence of butt rot in a tree species experiment in northern Denmark. *Scandinavian journal of forest research* 14(3), 234 – 239.
- Rönnerberg, J. & Vollbrecht, G. (1999). Early infection by *heterobasidion annosum* in *Larix x eurolepis* seedlings planted on infested sites. *Forest pathology* 29(1), 81 – 86.
- Rönnerberg, J. (2000). Logging operation damage to roots of clear-felled *Picea abies* and subsequent spore infection by *Heterobasidion annosum*. *Silva fennica* 34(1), 29 – 36.
- Rönnerberg, J. & Jorgensen B.B. (2000). Incidence of root and butt rot in consecutive rotations of *Picea abies*. *Scandinavian journal of forest research* 15(2), 210 – 217.
- Rönnerberg, J., Sidorov, E. & Petrylaite E. (2006). Efficacy of different concentrations of Rotstop® and Rotstop®S and imperfect coverage of Rotstop®S against *Heterobasidion* spp. spore infections on Norway spruce stumps. *Forest pathology* 36(6), 422 – 433.
- Rönnerberg, J., Berglund, M. & Johansson, U. (2007). Incidence of butt rot at final felling and at first thinning of the subsequent rotation of Norway spruce stands in stands in south-western Sweden. *Silva fennica* 41(4), 639 – 647.

- Rönnerberg, J. (2011). Rottröta: om rottröta i allmänhet och rotticka på gran i synnerhet. Intuitionen för sydsvensk skogsvetenskap, 1 – 20.
- Sandberg, K. (2009). Norway spruce heartwood: properties related to outdoor use. Luleå: Luleå tekniska universitet.
- Sellin, A. (1994). Sapwood-heartwood proportion related to tree diameter, age and growth rate in *Picea abies*. Canadian journal of forest research 24, 1022 – 1028.
- Skröppa, T., Solheim, H. & Steffenrem, A. (2015). Genetic variation, inheritance patterns and parent-offspring relationships after artificial inoculations with *Heterobasidion parviporum* and *Ceratosystis polonica* in Norway spruce seed orchards and progeny tests. *Silva fennica* 49(1), 1 – 12.
- Stakenas, V. & Zemaitis, P. (2016). Ecological factors influencing frequency of Norway spruce butt rot in mature stands in Lithuania. *Russian journal of ecology* 47(4), 355 – 363.
- Stenlid, J. (1987). Controlling and predicting the spread of *Heterobasidion annosum* from infected stumps and trees of *Picea abies*. *Scandinavian journal of forest research* 2(1-4), 187 – 198.
- Stenlid, J. (2009). Skador på skog: Bilaga, Skogsskötsel och svampskador – en översikt. Skogsskötselserien nr 17, Skogsstyrelsen.
- Subramanian, N., Bergh, J., Johansson, U., Nilsson, U. & Sallnas, O. (2016). Adaption of forest management regimes in southern Sweden to increased risks associated with climate change. *Forests* 7(1).
- Sun, H., Korhonen, K., Hantula, J. & Kasanen R. (2009). Variation in properties of *Phlebiopsis gigantea* related to biocontrol against infection by *Heterobasidion* spp. in Norway spruce stumps. *Forest pathology* 39(2), 133 – 144.
- Swedjemark, G & Karlsson, B. (2004). Genotypic variation in susceptibility following artificial *Heterobasidion annosum* inoculation of *Picea abies* clones in a 17-year old field test. *Scandinavian journal of forest research* 19(2), 103 – 111.
- Tomazello, M., Brazolin, S., Chagas, M. P., Oliveira, J. T. S., Ballarin, A. W. & Benjamin, C. A. (2008). Application of X-ray technique in nondestructive evaluation of eucalypt wood. *Maderas. Ciencia y tecnologia* 10(2), 139 – 149.
- Thor, M., Bendz-Hellgren, M. & Stenlid J. (1997). Sensitivity of root rot antagonist *Phlebiopsis gigantea* spores to high temperature or pressure. *Scandinavian journal of forest research* 12, 356 – 361.

Thor, M., Ståhl, G. & Stenlid, J. (2004). Räkna med rotröta – nytt hjälpmedel för skoglig planering. Resultat från Skogforsk nr 13.

Thor, M., Ståhl, G. & Stenlid, J. (2005). Modelling root rot incidence in Sweden using tree, site and stand variables. *Scandinavian journal of forest research* 20(2), 165 – 176.

Thor, M. & Stenlid, J. (2005). *Heterobasidion annosum* infection of *Picea abies* following manual or mechanized stump treatment 20(2), 154 – 164.

Thor, M., Oliva, J. & Stenlid, J. (2009). Färre nya infektioner av rotröta efter maskinell stubbehandling vid gallring. Resultat nr 12, Skogforsk.

Tubby, K.V., Scott, D. & Webber, J.F. (2008). Relationship between stump treatment coverage using the biological control product PG Suspension, and control of *Heterobasidion annosum* on Corsican pine, *Pinus nigra* spp. *laricio*. *Forest pathology* 38(1), 37 – 46.

Vasaitis, R., Stenlid, J., Thomsen, I.M., Barklund, P. & Dahlberg, A. (2008). Stump removal to control root rot in forest stands. A literature study. *Silva Fennica* 42(3), 457 – 483.

Vasiliauskas, R. (2001). Damage to trees due to forestry operations and its pathological significance in temperate forests: a literature review. *Forestry* 74(4), 319 – 336.

Wang, L. (2012). Impact of *Heterobasidion* spp. Root rot in conifer trees and assessment of stump treatment. Alnarp: Institutionen för sydsvensk skogsvetenskap, Sveriges lantbruksuniversitet.

Witzell, J., Barklund, P., Bergquist, J., Berglund, M., Bernhold, A., Blennow, K., Hansson, L., Hansson, P., Lindelöw, Å., Långström, B., Nordlander, G., Petersson, M., Rönnberg, J., Stenlid, J., Valinger, E., Wallertz, K., Witzell, J. & Åhman, I. (2009). Skador på skog. Skogsskötselserien nr 12, Skogsstyrelsen.

## **Websidor**

### **Länk A:**

Lunds universitet (2009). Kärnved hos gran, viktiga egenskaper vid utomhusanvändning. [Online] Tillgänglig:  
<http://www.fuktcentrum.lth.se/verktyg-och-hjelpmedel/materialegenskaper/kaernved-hos-gran-viktiga-egenskaper/>  
[2017-04-03]



**Länk B:**

SLU (2017). Skadebeskrivning. [Online] Tillgänglig:  
<http://www.slu.se/centrumbildningar-och-projekt/skogsskada/lasmer-sidor/skadeorsak/?DiagID=54&AnmSkada=54&Tradart=9&Skadetypp=2&Alder=2&SkadadDel=0,8,9&SkadaBestand=1>  
[2017-01-25]

**Länk C:**

Interagro Skog AB (2017). Rotröta biologi. [Online] Tillgänglig:  
<http://interagroskog.se/roetroeta-biologi/>  
[2017-02-10]

**Länk D:**

SMHI (2017). Månads-, Årstids- och årskartor [Online] Tillgänglig:  
<https://www.smhi.se/klimatdata/meteorologi/kartor/monYrTable.php?myn=6&par=tmp>  
[2017-06-08]



## 8. BILAGOR

### Bilaga 1

Diameter 2.0 - 4,9					
Stubbnr.	Diameter, cm	Stubbyta, cm <sup>2</sup>	Ålder, stubbhöjd	Behandling, OB eller R (ml/stubbe)	RB175, ml/stubbe
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					
26					
27					
28					
29					
30					
31					
32					
33					
34					
35					
36					
37					
38					
39					
40					

## Bilaga 2

Diameter 5,0 - 7,9					
Stubbnr.	Diameter, cm	Stubbyta, cm <sup>2</sup>	Ålder, stubbhöjd	Behandling, OB eller R (ml/stubbe)	RB175, ml/stubbe
41					
42					
43					
44					
45					
46					
47					
48					
49					
50					
51					
52					
53					
54					
55					
56					
57					
58					
59					
60					
61					
62					
63					
64					
65					
66					
67					
68					
69					
70					

### Bilaga 3

Diameter 8,0 - 13,9					
Stubbnr.	Diameter, cm	Stubbyta, cm <sup>2</sup>	Ålder, stubbhöjd	Behandling, OB eller R (ml/stubbe)	RB175, ml/stubbe
71					
72					
73					
74					
75					
76					
77					
78					
79					
80					
81					
82					
83					
84					
85					
86					
87					
88					
89					
90					

## Bilaga 4

Diameter 2.0 - 4,9							
Stubbnr.	Diameter, cm	Ålder, stubbhöjd	Behandling	Infektion, cm <sup>2</sup>	Inf., splintved cm <sup>2</sup>	Inf., kärnved cm <sup>2</sup>	Antal infektioner
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							
21							
22							
23							
24							
25							
26							
27							
28							
29							
30							
31							
32							
33							
34							
35							
36							
37							
38							
39							
40							

## Bilaga 5

Diameter 5,0 - 7,9							
Stubbnr.	Diameter, cm	Ålder, stubbhöjd	Behandling	Infektion, cm <sup>2</sup>	Inf., splintved cm <sup>2</sup>	Inf., kärnved cm <sup>2</sup>	Antal infektioner
41							
42							
43							
44							
45							
46							
47							
48							
49							
50							
51							
52							
53							
54							
55							
56							
57							
58							
59							
60							
61							
62							
63							
64							
65							
66							
67							
68							
69							
70							

## Bilaga 6

Diameter 8,0 - 13,9							
Stubbnr.	Diameter, cm	Ålder, stubbhöjd	Behandling	Infektion, cm <sup>2</sup>	Inf., splintved cm <sup>2</sup>	Inf., kärnved cm <sup>2</sup>	Antal infektioner
71							
72							
73							
74							
75							
76							
77							
78							
79							
80							
81							
82							
83							
84							
85							
86							
87							
88							
89							
90							



## Bilaga 7

**Hypotesprövning**

$$\begin{cases} H_0 : \pi_R = \pi_{OB} \\ H_1 : \pi_R > \pi_{OB} \end{cases}$$

Antag att  $H_0$  är sann

	Nej	Ja
Behandlade	39/45	6/45
Obehandlade	19/45	26/45

$$P = \frac{6/45 \cdot 45 + 26/45 \cdot 45}{45 + 45}$$

$$P = 0,64444$$

$$Z = \frac{6/45 - 26/45 - 0}{\sqrt{0,64444 \cdot (1 - 0,64444) \cdot (1/45 + 1/45)}} = 4,404$$

$Z = 1,64$  (5%)  $H_0$  förkastas  
 $Z = 2,33$  (1%)  $H_0$  förkastas  
 $Z = 3,09$  (0,1%)  $H_0$  förkastas  
 $H_1$  behålls

**Slutsats:** Med 99,9 procents säkerhet minskar infektionsrisken hos Rotstopbehandlade stubbar jämfört med obehandlade stubbar i diameterintervallet 2 till 13,9 centimeter vid snittytan.

**Krav:**  $n \cdot P \geq 5$  och  $n \cdot (1 - P) \geq 5$

**Uppfylls för både behandlade och obehandlade stubbar.**